



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
UNIDAD DE POSGRADO**

**SISTEMA DE CONTROL LUMÍNICO PARA REDUCIR EL  
CONSUMO ELÉCTRICO DEL PABELLÓN DE  
ESPECIALIDADES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA Y  
ARQUITECTURA - USMP, LIMA, 2019**

**PRESENTADA POR  
PIERO MICHELLE GAVIDIA PANESI  
ALEJANDRA GINA ARAGÓN CHUQUISUTA**

**ASESOR  
JUAN MANUEL OBLITAS SANTA MARÍA**

**TESIS  
PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN EDIFICACIONES  
INTELIGENTES Y DIRECCIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN**

**LIMA – PERÚ  
2023**



**CC BY-NC-ND**

**Reconocimiento – No comercial – Sin obra derivada**

El autor sólo permite que se pueda descargar esta obra y compartirla con otras personas, siempre que se reconozca su autoría, pero no se puede cambiar de ninguna manera ni se puede utilizar comercialmente.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
SECCIÓN DE POSGRADO**

**SISTEMA DE CONTROL LUMÍNICO PARA REDUCIR EL CONSUMO  
ELÉCTRICO DEL PABELLÓN DE ESPECIALIDADES DE LA FACULTAD DE  
INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - USMP, LIMA, 2019**

**PARA OPTAR  
EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN EDIFICACIONES INTELIGENTES  
Y DIRECCIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN**

**PRESENTADO POR:  
ING. GAVIDIA PANESI, PIERO MICHELLE  
ARQ. ARAGÓN CHUQUISUTA, ALEJANDRA GINA**

**ASESOR:  
MTRO. JUAN MANUEL OBLITAS SANTA MARIA**

**LIMA – PERÚ  
2023**

## DEDICATORIA

*Dedico este trabajo a mis padres, por haberme impulsado siempre a continuar preparándome. Mi madre es especialmente ese ángel que siempre cree en mí. A Angie, por ser mi compañera incondicional y ver en mí lo que nadie ve. A mí mamá, que desde el cielo y desde el centro de mi corazón siempre será parte de mi vida. A Javi, por existir y ser un pedacito de mí en este mundo.*

**Piero G.P.**

A Dios,

*Por darme la vida y traerme a este momento tan importante de formación profesional.*

A mis padres,

*Sin ellos no hubiera logrado otro objetivo en mi carrera profesional. Mamá, tus esfuerzos son increíbles y tu amor por mí no tiene precio, me has proporcionado todo lo que he necesitado. Practico tus enseñanzas cada día; realmente tengo mucho que agradecerte. Papá (q.e.p.d.), no importa lo lejos que estemos, siento que todo el tiempo estás a mi lado, y aunque nos quedaron cosas pendientes por vivir juntos, sé que hubiera sido especial, esta ocasión para ti, como lo es para mí. Gracias infinitamente padres queridos, los amo.*

Edward, mi compañero de vida,

*Porque eres mi apoyo incondicional y demuestras que siempre puedo contar contigo, eres un hombre maravilloso, te amo.*

**Alejandra A. Ch.**

## **AGRADECIMIENTO**

De manera especial, agradecemos al Ing. Juan Manuel Oblitas Santa María, nuestro asesor de tesis, por su incondicional apoyo y ayuda para la elaboración de esta tesis.

A las autoridades de la USMP que nos facilitaron permisos y documentación para el desarrollo de la tesis.

Así mismo, a cada una de las personas que colaboraron con un granito de arena, que hizo posible este proyecto.

Gracias.

**Alejandra A.Ch.**  
**Piero G.P.**

## ÍNDICE

DEDICATORIA .....	i
AGRADECIMIENTO .....	ii
INDICE DE TABLAS .....	vii
INDICE DE FIGURAS.....	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT .....	xi
CAPÍTULO I.....	12
1. Planteamiento del problema.....	13
1.1. Descripción de la situación problemática .....	13
1.2. Formulación del problema.....	16
1.2.1. Problema general.....	16
1.2.2. Problemas específicos .....	16
1.3. Objetivos de la investigación.....	17
1.3.1. Objetivo general.....	17
1.3.2. Objetivos específicos .....	17
1.4. Importancia de la investigación .....	17
1.5. Alcances y limitaciones del estudio.....	18
1.6. Viabilidad de la investigación .....	18
CAPÍTULO II.....	20
2. Marco Teórico .....	21
2.1. Antecedentes de la investigación.....	21
2.1.1. Antecedentes internacionales .....	21
2.1.2. Antecedentes nacionales .....	24
2.2. Bases teóricas .....	26
2.3. Definición de términos básicos .....	38
2.4. Hipótesis de investigación.....	40
2.4.1. Hipótesis principal .....	40
2.4.2. Hipótesis específicas.....	40

CAPITULO III.....	41
3.1. Diseño metodológico.....	42
3.1.1. Enfoque .....	42
3.1.2. Tipo .....	42
3.1.3. Nivel .....	42
3.1.4. Diseño .....	42
3.2. Población y muestra .....	43
3.2.1. Población.....	43
3.2.2. Muestra .....	43
3.3. Definición de variables.....	44
3.3.1. Definición conceptual.....	44
3.3.2. Definición operacional.....	44
3.4. Operacionalización de variables .....	45
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	46
3.6. Técnicas e instrumentos de procesamiento de datos .....	46
CAPÍTULO IV .....	47
4. Desarrollo.....	48
4.1. Memoria descriptiva.....	48
4.1.1. Ubicación y localización .....	48
4.1.2. Clima.....	49
4.1.3. Temperatura .....	50
4.1.4. Descripción del proyecto.....	50
4.1.5. Situación actual.....	54
4.1.6. Alcances del proyecto.....	54
4.2. Sistema de control .....	55
4.2.1. Cableado.....	55
4.2.2. Dispositivos de control del sistema. ....	56
4.2.3. Herramientas de instalación y diagnóstico de red.....	57
4.2.4. Interfaces de usuario .....	57

4.2.5.	Software de supervisión y control .....	58
4.3.	Funcionalidades del sistema de control .....	59
4.3.1.	Pasillos.....	59
4.3.2.	Aulas.....	60
4.3.3.	Racks.....	61
4.3.4.	Servicios higiénicos.....	61
4.4.	Aplicaciones de estándares, códigos y reglamentos.....	62
4.5.	Especificaciones técnicas de los dispositivos .....	63
4.5.1.	Controladores.....	63
4.5.2.	Tableros de control .....	67
4.5.3.	Periféricos .....	69
4.5.4.	Enlaces de comunicación .....	72
4.5.5.	Interfaces de usuario .....	76
4.6.	Relación de los dispositivos propuestos por planta y ambiente .....	78
4.7.	Estado actual de las luminarias en el pabellón .....	79
4.8.	Tiempo de uso estimado de los ambientes del pabellón de Especialidades según la programación de clases durante los semestres 2017-II y 2018-I .....	83
4.9.	Detalle del consumo estimado en kWh de cada piso del pabellón de especialidades según la programación de clases del semestre 2017-II y 2018-I	85
4.10.	Proyección de los consumos totales del pabellón a solo consumo en iluminación.....	95
4.11.	Propuesta de cambio de las luminarias actuales a tecnología led.....	96
4.12.	Presupuesto del sistema de control de Iluminación y recuperación de la inversión .....	101
CAPÍTULO V .....		103
5.	RESULTADOS.....	104
5.1.	Fiabilidad del instrumento de medición.....	104
5.2.	Análisis de frecuencias .....	104
5.3.	Tablas cruzadas.....	111
5.4.	Prueba de hipótesis .....	114

DISCUSIÓN.....	119
CONCLUSIONES .....	122
RECOMENDACIONES.....	123
FUENTES DE INFORMACIÓN.....	124
ANEXOS.....	132

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	<i>Matriz de Operacionalización</i> .....	45
<b>Tabla 2</b>	<i>Pasillos dentro del Edificio</i> .....	60
<b>Tabla 3</b>	<i>Aulas dentro del Edificio:</i> .....	61
<b>Tabla 4</b>	<i>Racks dentro del Edificio</i> .....	61
<b>Tabla 5</b>	<i>SS.HH. dentro del Edificio</i> .....	62
<b>Tabla 6</b>	<i>Tableros y dimensiones</i> .....	67
<b>Tabla 7</b>	<i>Tableros y dimensiones</i> .....	68
<b>Tabla 8</b>	<i>Lista de dispositivos por ambiente</i> .....	78
<b>Tabla 9</b>	<i>Datos eléctricos del circuito</i> .....	80
<b>Tabla 10</b>	<i>Datos eléctricos del circuito B</i> .....	81
<b>Tabla 11</b>	<i>Datos eléctricos del circuito C</i> .....	82
<b>Tabla 12</b>	<i>Tiempo total programado por aula en horas (Semestre 2017-II)</i> .....	83
<b>Tabla 13</b>	<i>Tiempo total programado por aula en horas (Semestre 2018-I)</i> .....	83
<b>Tabla 14</b>	<i>Resumen consumo promedio aulas por piso - pabellón de Especialidades</i> .....	84
<b>Tabla 15</b>	<i>Consumo estimado del sótano del pabellón de Especialidades 2017-II</i> .....	85
<b>Tabla 16</b>	<i>Consumo estimado del 1er. piso del pabellón de Especialidades 2017-II</i> .....	86
<b>Tabla 17</b>	<i>Consumo estimado del 2do. piso del pabellón de Especialidades 2017-II</i> .....	86
<b>Tabla 18</b>	<i>Consumo estimado del 3er. piso del pabellón de Especialidades 2017-II</i> .....	87
<b>Tabla 19</b>	<i>Consumo estimado del sótano del pabellón de Especialidades 2018-I</i> .....	88
<b>Tabla 20</b>	<i>Consumo estimado del 1er. piso del pabellón de Especialidades 2018-I</i> .....	88
<b>Tabla 21</b>	<i>Consumo estimado del 2do. piso del pabellón de Especialidades 2018-I</i> .....	89
<b>Tabla 22</b>	<i>Consumo estimado del 3er. piso del pabellón de Especialidades 2018-I</i> .....	89
<b>Tabla 23</b>	<i>Resumen del consumo mensual estimado en ambos semestres en kWh</i> .....	90
<b>Tabla 24</b>	<i>Consumos en kWh de Julio 2017 a Setiembre 2018</i> .....	93
<b>Tabla 25</b>	<i>Consumos de los meses de semestres 2017-II y 2018-I</i> .....	94
<b>Tabla 26</b>	<i>Consumo promedio mensual entre el periodo 2017-II y 2018-I</i> .....	94
<b>Tabla 27</b>	<i>Consumo estimado con luminarias led del 1er. piso del Pabellón de Especialidades 2018-I</i> .....	99
<b>Tabla 28</b>	<i>Resumen del consumo estimado con luminarias led de cada piso del pabellón de Especialidades durante los semestres 2017-II y 2018-I</i> .....	100
<b>Tabla 29</b>	<i>Consumo ideal que se busca con la propuesta</i> .....	100
<b>Tabla 30</b>	<i>Presupuesto de la propuesta</i> .....	101
<b>Tabla 31</b>	<i>Recuperación de la inversión</i> .....	102
<b>Tabla 32</b>	<i>Resumen del procesamiento de casos</i> .....	104
<b>Tabla 33</b>	<i>Análisis de fiabilidad del instrumento de medición</i> .....	104

<b>Tabla 34</b>	<i>Análisis de frecuencias para el sistema de control lumínico</i>	105
<b>Tabla 35</b>	<i>Análisis de frecuencias para el sistema de gestión del edificio (BMS)</i>	106
<b>Tabla 36</b>	<i>Análisis de frecuencias para el sistema de gestión en recintos (RMS)</i>	107
<b>Tabla 37</b>	<i>Análisis de frecuencias para el consumo eléctrico</i>	108
<b>Tabla 38</b>	<i>Análisis de potencia eléctrica</i>	109
<b>Tabla 39</b>	<i>Análisis de tiempo de uso de los recintos</i>	110
<b>Tabla 40</b>	<i>Sistema de control lumínico y el consumo energético</i>	111
<b>Tabla 41</b>	<i>BMS y el consumo energético</i>	112
<b>Tabla 42</b>	<i>RMS y el consumo energético</i>	113
<b>Tabla 43</b>	<i>Prueba chi cuadrado de la hipótesis general</i>	114
<b>Tabla 44</b>	<i>Medidas simétricas de la hipótesis general</i>	115
<b>Tabla 45</b>	<i>Prueba chi cuadrado de la hipótesis específica 1</i>	116
<b>Tabla 46</b>	<i>Medidas simétricas de la hipótesis específica 1</i>	116
<b>Tabla 47</b>	<i>Prueba chi cuadrado de la hipótesis específica 2</i>	117
<b>Tabla 48</b>	<i>Medidas simétricas de la hipótesis específica 2</i>	118

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> <i>Imagen satelital de la ubicación</i> .....	48
<b>Figura 2</b> <i>Mapa de ubicación del distrito de La Molina</i> .....	49
<b>Figura 3</b> <i>Tabla Clima en La Molina</i> .....	49
<b>Figura 4</b> <i>Temperatura máxima y mínima promedio en La Molina</i> .....	50
<b>Figura 5</b> <i>Área del campus de la universidad USMP</i> .....	51
<b>Figura 6</b> <i>Planta Semisótano – Pabellón de Especialidades</i> .....	51
<b>Figura 7</b> <i>Primera, segunda y tercera planta del pabellón de Especialidades</i> .....	52
<b>Figura 8.</b> <i>Parte Posterior del Pabellón de Especialidades</i> .....	53
<b>Figura 9.</b> <i>Ingreso del Pabellón de Especialidades</i> .....	53
<b>Figura 10</b> <i>Esquema de la distribución de los equipos propuestos por planta y ambiente</i> .....	78
<b>Figura 11</b> <i>Luminarias del pabellón de Especialidades</i> .....	79
<b>Figura 12</b> <i>Tipo de luminarias en el circuito A</i> .....	80
<b>Figura 13</b> <i>Tipo de luminarias en el circuito B</i> .....	81
<b>Figura 14</b> <i>Tipo de luminarias en el circuito C</i> .....	82
<b>Figura 15</b> <i>Recibo de Luz de la USMP Mes junio 2018</i> .....	91
<b>Figura 16</b> <i>Recibo de Luz de la USMP Mes Setiembre 2018</i> .....	92
<b>Figura 17</b> <i>Gasto en iluminación de los periodos 2017-II y 2018-I</i> .....	96
<b>Figura 18</b> <i>Circuitos</i> .....	96
<b>Figura 19</b> <i>Especificaciones técnicas de luminarias - pasillo</i> .....	97
<b>Figura 20</b> <i>Especificaciones técnicas de luminarias – mesa de trabajo</i> .....	98
<b>Figura 21</b> <i>Análisis de frecuencias para el sistema de control lumínico</i> .....	105
<b>Figura 22</b> <i>Análisis de frecuencias para el sistema de gestión del edificio (BMS)</i> .....	106
<b>Figura 23</b> <i>Análisis de frecuencias para el sistema de gestión en recintos (RMS)</i> .....	107
<b>Figura 24</b> <i>Análisis de frecuencias para el consumo eléctrico</i> .....	108
<b>Figura 25</b> <i>Análisis de potencia eléctrica</i> .....	109
<b>Figura 26</b> <i>Análisis de tiempo de uso de los recintos</i> .....	110
<b>Figura 27</b> <i>Sistema de control lumínico y el consumo energético</i> .....	111
<b>Figura 28</b> <i>BMS y el consumo energético</i> .....	112
<b>Figura 29</b> <i>RMS y el consumo energético</i> .....	113

**NOMBRE DEL TRABAJO**  
Tesis de Posgrado-Piero y Alejandra- 09.  
10.23 .pdf

**AUTOR**  
Alejandra Aragón Chuquisuta

**RECuento DE PALABRAS**  
26651 Words

**RECuento DE CARACTERES**  
149275 Characters

**RECuento DE PÁGINAS**  
136 Pages

**TAMAÑO DEL ARCHIVO**  
3.9MB

**FECHA DE ENTREGA**  
Oct 10, 2023 2:56 PM GMT-5

**FECHA DEL INFORME**  
Oct 10, 2023 3:01 PM GMT-5

- 12% de similitud general  
El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base d
  - 11% Base de datos de Internet
  - 3% Base de datos de publicaciones
  - Base de datos de Crossref
  - Base de datos de contenido publicado de Crossr
  - 8% Base de datos de trabajos entregados
- Excluir del Reporte de Similitud
  - Material bibliográfico
  - Material citado
  - Coincidencia baja (menos de 10 palabras)



**Biblioteca FIA**

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Juana Chunga Rodríguez'.

Juana Chunga Rodríguez  
Bibliotecóloga



## RESUMEN

El presente estudio tuvo como propósito determinar en qué medida el desarrollo de un Sistema de Gestión del Edificio (BMS) referente a la Supervisión total de la edificación se relaciona con el Uso de Energía del pabellón de especialidades de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura (FIA) de la Universidad San Martín de Porres (USMP). Asimismo, se justificó el proyecto dando a conocer a la universidad el modelo de gestión de control y monitoreo para el eficiente uso de la energía en lo referente a la iluminación de dicho pabellón de estudio, no solo en consumo de energía sino en calidad e iluminación mediante los diversos controles de los equipos lumínico; siendo un referente de edificación inteligente en todo el campus universitario. De acuerdo a la metodología fue de tipo aplicada, hipotético-deductivo, de diseño no experimental, el análisis utilizado fue documental y la observación directa efectuada por los investigadores, siendo útiles para los fines propuestos del presente estudio.

Los resultados mostraron de acuerdo con las hipótesis planteadas que, a través del estadístico de Spearman existe una relación positiva alta de 0,817 entre las variables sistema de control lumínico y el consumo, por otro lado, de acuerdo al análisis realizado con los recibos de energía del campus, el consumo eléctrico según datos tomados durante los semestres 2017-II y 2018-I en iluminación equivale a: 10,248 kWh al mes. Finalmente se concluye que, se muestra un plan de ahorro de energía sustentado en la toma de conciencia sobre los malos hábitos en el consumo de energía para la reducción de costos, asimismo, aumento de vida útil de los equipos y un incremento en la calidad ambiental de la entidad, todo lo mencionado se ve en la infraestructura y en las instalaciones de la edificación.

**Palabras claves:** Sistema de gestión del edificio, uso de energía, gestión de control y monitoreo

## ABSTRACT

The purpose of this research was to determine to what extent the development of a Building Management System (BMS) referring to the total Supervision of the building is related to the energy use of the specialties pavilion of the Faculty of Engineering and Architecture (FIA) of Universidad San Martín de Porres (USMP). Likewise, the project was justified by making the university aware of the control and monitoring management model for the efficient use of energy in relation to the lighting of said study pavilion, not only in energy consumption but also in quality and lighting. through the various controls of the lighting equipment; being a benchmark for smart building throughout the university campus. Related to the methodology, it was of the applied, hypothetical-deductive type, of a non-experimental design, the analysis used was documentary and the direct observation made by the researchers, being useful for the proposed purposes of the present study.

The findings showed in accordance with the hypotheses that, through the Spearman statistic, there is a high positive relationship of 0.817 among the variables light control system and consumption, on the other hand, according to the analysis carried out with the energy receipts of the campus, the electricity consumption according to data taken during the semesters 2017-II and 2018-I in lighting is equivalent to: 10,248 kWh per month. Therefore, it is concluded that an energy saving plan based on awareness of bad habits in energy consumption is shown to reduce costs, as well as an increase in the useful life of the equipment and an increase in environmental quality. of the entity, everything mentioned is seen in the infrastructure and in the building facilities.

**Keywords:** Building Management System, Energy Use, control and monitoring management

## **CAPÍTULO I**

## **1. Planteamiento del problema**

### **1.1. Descripción de la situación problemática**

En la problemática internacional, para Guo et al. (2022) los sistemas de control de iluminación energéticamente eficiente son vitales para las construcciones modernas. En la actualidad el empleo de luces eléctricas se ha convertido en un componente indispensable, desde el hogar, casas de estudio y edificaciones industriales; sin embargo, el sistema de control de iluminación manual e innecesario da como resultado una cantidad considerable de desperdicio de energía. A partir de ello, se ha ideado un sistema de control de iluminación de bajo consumo automático centralizado basado en Arduino para edificios mediante la detección de la iluminación ambiental y la ocupación de personas; para ello se emplearon datos analizados en base al uso de varios sensores de ocupación de infrarrojos y de iluminancia. Finalmente, se espera que el sistema de control pueda ser más eficiente energéticamente que el control artificial habitual y, en el futuro, también se implementarán técnicas inteligentes para mejorar el rendimiento de los sistemas.

Según Zhuang et al. (2022) en la gestión del sistema de control eléctrico es necesaria la mejora del controlador de potencia. En los últimos años el control lumínico ha recibido una atención cada vez mayor, ya que es vital para garantizar la confiabilidad y la seguridad en el sistema; sin embargo, el enfoque tradicional juzga erróneamente la alta corriente instantánea generada cuando la carga capacitiva o inductiva se inicia como un cortocircuito de carga, activa la protección de disparo y causa una protección incorrecta. En la búsqueda de mejoras para el control eléctrico se propone nuevos circuitos y una estrategia de control para evitar la protección contra disparos falsos causados por una alta corriente instantánea y proteger las instalaciones contra daños térmicos.

De forma similar, para Lu et al. (2021) el control de los sistemas eléctricos es un aspecto importante en el sistema energético de la nueva generación en la industria y servicios, dado que los modos tradicionales de transmisión son reemplazados para la mejora de la eficiencia energética. En este sentido, existen alternativas novedosas de control que proponen algoritmos de optimización de la eficiencia energética mediante síncrono de imanes permanentes (PMSM), que no dependen de los parámetros tradicionales y no se ven disminuidos por el cambio

de ambiente o el desgaste en el tiempo, dado que poseen una fuerte universalidad y robustez. A partir de ello, en un sistema totalmente eléctrico, se evidencia que el control mejora de manera efectiva la eficiencia energética del sistema.

De forma similar, para Khadidja et al. (2019) la supervisión y control de los sistemas lumínicos permite evaluar el funcionamiento de la calidad del sistema, y, por otro lado, detectar cualquier anomalía. Los sistemas de control generalmente se componen de datos de adquisición y almacenamiento mediante un software de procesamiento o análisis de señales y una pantalla. A partir de ello, el supervisor evalúa las pérdidas de producción y las limita para mejorar el rendimiento; asimismo, se genera una alerta en el sistema ante fallas por lo que es posible reducir el costo de mantenimiento y evitar gastos innecesarios. Por otro lado, existen muchos mecanismos para evaluar el rendimiento de un sistema como, por ejemplo, la comparación entre el consumo real de una instalación y el consumo teórico; en este caso, se envía una alerta al usuario advirtiéndolo de una anomalía en el sistema.

En el contexto de esta realidad problemática, en el Perú según la información proporcionada por el Ministerio del Medio Ambiente (2019), se menciona que el estado ha ahorrado aproximadamente S/.75 millones de soles desde el 2010 hasta el 2017 por el uso de medidas eficientes para el control del consumo eléctrico, de papel y agua. Considerando solo el consumo eléctrico se menciona que se logró un ahorro del 15.2% por el uso de un sistema eficiente. Esto se debe a que en los últimos años el gobierno, a través de la Dirección General de Calidad Ambiental promueve una cultura en favor del correcto empleo de los recursos, del medio ambiente y reduce los impactos del cambio climático.

En Osinergmin (2018), se relata la experiencia vivida por sus autoridades en Japón, donde se pudo apreciar la evolución hacia un sistema energético eficiente que consiga la reducción en el consumo lumínico. La Universidad de Hiroshima ha desarrollado un programa que supervise las normas en el uso de energía eléctrica, a través del sistema Zero Energy Home (ZHE). Este medio permite controlar el consumo de energía, además contabiliza la energía generada por la propia vivienda gracias a medios alternativos.

Otra mejora implementada por el Estado en búsqueda del control lumínico y el consumo eléctrico, ha sido el Reglamento de Etiquetado de Eficiencia Energética por el DS N° 009-2017-EM (2017), por el cual se reducirá en 6 millones de toneladas

de emisión de  $CO_2$  hacia el año 2030, lo que implica una disminución de 17,000 giga-watts por hora. Esta medida pertenece a un grupo de 19 implementaciones dispuestas en el año 2017, en el logro de mayor eficiencia eléctrica y lumínica, el uso de energías renovables y transporte sostenible.

Con relación a esta problemática, según lo que establece la Universidad San Martín de Porres (2015) en sus Lineamientos Generales para el Cuidado del Ambiente, se menciona que la institución posee, dentro de sus principios ambientales, una política de responsabilidad en el uso de materiales e insumos en la universidad, así como en el cuidado de los recursos como el agua y energía. En ese sentido, la universidad orienta sus fines hacia el cuidado del ambiente y un uso sostenible de los recursos mediante actividades como el reciclaje, minimización de emisiones de  $CO_2$ , innovaciones sobre fuentes de energía alternativas, entre otras. Seguidamente, en Giraldo (2014) se muestra un estudio sobre el proyecto Campus Carbono Neutral que consiste en el ahorro de recursos como energía, agua, la segregación de residuos sólidos y la reducción de emisiones de gases. Este proyecto se realizó en el marco de la responsabilidad social y ambiental que promueve la USMP.

Asimismo, el Informe Final de Evaluación Externa realizado por la USMP (2012) muestra algunas pautas sobre la preservación del medio ambiente mediante el ahorro energético y el tratamiento de residuos mencionados y se recomienda la inmediata implantación de medidas preventivas para evitar el consumo innecesario de energía en la institución. Finalmente, en el boletín de la USMP (2010) se muestra un plan de ahorro de energía basado en la toma de conciencia sobre los malos hábitos en el consumo de energía para la reducción de costos, aumento de vida útil de los equipos y un incremento en la calidad ambiental de la institución. Además, se muestra que un correcto aprovechamiento de la luminaria, mediante el uso de luz natural y focos ahorradores, permitiría un ahorro de energía del 80%. Teniéndose como antecedentes el consumo eléctrico de la FIA que, es un aproximado de 9,230,112 kWh por año entre estudiantes, docentes y administrativo.

La siguiente investigación pretende beneficiar a la universidad con los resultados que se obtengan, debido al consumo excesivo que hoy en día se tiene. Asimismo, se considera importante realizar un estudio detallado sobre la importancia de los sistemas de control lumínico y su grado de asociación con la

reducción del consumo eléctrico del pabellón de Especialidades de la FIA de la USMP.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿En qué medida el sistema de control lumínico se relaciona con la reducción del consumo eléctrico del pabellón de Especialidades de la FIA de la USMP?

### **1.2.2. Problemas específicos**

¿Cómo el sistema de gestión del edificio (BMS) se relaciona con la reducción de la potencia eléctrica del pabellón de Especialidades de la FIA de la USMP?

¿De qué manera el sistema de gestión de recintos (RMS) se relaciona con la reducción del consumo eléctrico en el tiempo de uso de los recintos del pabellón de Especialidades de la FIA de la USMP?

### **1.3. Objetivos de la investigación**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Determinar en qué medida el sistema de control lumínico se relaciona con la reducción del consumo eléctrico del pabellón de Especialidades de la FIA de la USMP.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

Determinar cómo el sistema de gestión del edificio (BMS) se relaciona con la reducción de la potencia eléctrica del pabellón de Especialidades de la FIA de la USMP.

Determinar de qué manera el sistema de gestión de recintos (RMS) se relaciona con la reducción del tiempo de uso de los recintos del pabellón de Especialidades de la FIA de la USMP.

### **1.4. Importancia de la investigación**

El desarrollo de la investigación brindara a la institución educativa un modelo de gestión de control y monitoreo para el eficiente uso de la energía en lo referente a la iluminación de dicho pabellón de estudio, no solo en consumo de energía sino en calidad e iluminación mediante los diversos controles de los equipos lumínicos; siendo un referente de edificación inteligente en todo el campus universitario, considerando los retornos de inversión en la que puede implicar la instalación del sistema de control y automatización (BMS y RMS), los cuales benefician directamente a la universidad y a la calidad de infraestructura que demuestra a sus estudiantes, y posteriormente sirve como modelo para los futuros investigadores.

## **1.5. Alcances y limitaciones del estudio**

### **Alcances**

En cuanto a alcances de esta investigación, se toma en cuenta el estado actual del pabellón y sobre la base de ello, solo se realizará una posible propuesta de mejora como solución ante el problema del alto consumo energético. No se realizará ninguna implementación o cambios en los equipos del pabellón de Especialidades.

### **Limitaciones**

Por otro lado, las limitaciones de esta investigación llegan a ser en primer lugar, el motivo económico por ser necesaria una alta inversión para la compra e instalación de los equipos necesarios para llevar a cabo los planes de mejora en el pabellón. A esto se le agregaría, todo el tiempo que tomaría conseguir los permisos de la misma universidad para llevarlo a cabo, pues habría que paralizar el uso del pabellón por varias semanas. Por tal motivo es que se limita esta investigación a una propuesta o diseño como respuesta o solución al problema investigado.

## **1.6. Viabilidad de la investigación**

El presente estudio es viable de manera social puesto que, se cuenta con el apoyo de expertos en el tema a desarrollar, además de que se cuenta con el compromiso de las mismas autoridades de la universidad, que nos brindaron cierta facilidad para poder acceder a gran parte de las áreas del pabellón en estudio y de la universidad en general, para poder realizar las encuestas. Por otro lado, se puede decir también que es viable técnicamente, porque se llegó a conocer el funcionamiento del edificio a detalle gracias a las visitas in situ y sobre todo por los planos y recibos de consumo de energía otorgados por el personal de mantenimiento. Ellos estuvieron disponibles para apoyarnos en las mediciones respectivas en las distintas horas de uso de las luminarias.

Además, el personal de vigilancia del pabellón nos facilitó la información de las horas programadas de cada aula del pabellón durante 2 semestres.

## **CAPÍTULO II**

## 2. Marco Teórico

### 2.1. Antecedentes de la investigación

#### 2.1.1. Antecedentes internacionales

Moreano et al. (2021) en “*Sistema de control para eficiencia energética y confort lumínico, Chimborazo, Riobamba, Ecuador*” evaluar el sistema lumínico a fin de presentar alternativas de mejora para el control y mejorar la eficiencia a través de la reducción del consumo eléctrico. Asimismo, fue necesario determinar el grado de adecuación a la norma técnica por parte de las edificaciones evaluadas y proponer la regulación a través de un sistema automático. La metodología de investigación se basa en un tipo aplicado, de diseño no experimental y de enfoque cuantitativo; la muestra tiene que ver con un área de clases que consta de un circuito, actuadores en la forma de diodos emisores de luz, un módulo Arduino, potenciómetros, resistencias y una fotorresistencia LDR que variará su resistencia conforme a la cantidad de luxes que se encuentren en el ambiente. Los resultados del análisis concluyen que la propuesta del sistema lumínico puede estabilizar el consumo de energía con 950 lux y con una buena respuesta del controlador PI (con índices de  $k_p = 1.752$  y  $k_i = 37.26$ ), debido a su rápida adaptación permite el mismo nivel de confort en comparación con el sistema tradicional, en tanto que se recomienda mejorar el acondicionamiento para reducir el ruido en las señales de censado y de actuación.

Según Laidi et al. (2019) en “*Commercial Technologies for Advanced Light Control in Smart Building Energy Management Systems, Geislingen, Alemania*”, el objetivo principal fue investigar el impacto ambiental, social y económico de la adopción de diferentes arquitecturas de iluminación inteligente para la automatización del uso de energía en edificios. La investigación corresponde a una metodología de diseño no experimental, de enfoque cuantitativo, de nivel descriptivo y de tipo aplicado; la recolección de datos fue usando la técnica del análisis documental y el acceso a bases de datos de consumo eléctrico. Los resultados muestran que la adopción de tecnologías de iluminación inteligente reduce el consumo lumínico dado que la simulación

expresa un cambio de 15,000 a 5,000 kWh y posee un período de recuperación de la inversión de pocos años y que el uso de estas tecnologías tiene impactos económicos positivos por la reducción de la facturación de 5,000 a 1,500 euros. Adicionalmente colabora en la conservación del medio ambiente al reducir considerablemente las emisiones de gases; sin embargo, esta contribución positiva es muy sensible a la ubicación y la tecnología empleada.

En Rivera (2019) en su tesis para optar el grado de Magister en telecomunicaciones de la Universidad católica de Santiago de Guayaquil, se titula "*Análisis y Propuesta de un Sistema de Gestión Inteligente del Alumbrado Público en Guayaquil, Ecuador*". Tiene por objetivo principal elaborar el análisis, la planificación y la puesta en marcha de un sistema de gestión inteligente del alumbrado público a nivel de Guayaquil para poder lograr la reducción energética, pérdida técnica y no técnica en el actual sistema de alumbrado público. La investigación es de tipo aplicada y de diseño experimental al haberse utilizado investigaciones previas a este y, además, se usaron métodos analíticos e investigativos. Como conclusiones afirma que los sistemas de alumbrado público se deben de monitorear y gestionar constantemente, para conseguir carreteras seguras, confort en áreas públicas y mejora en la seguridad de los hogares, negocios y centros urbanos. Además, se dice también que llegó a ahorrar hasta un 50% en energía eléctrica en el alumbrado público actual del lugar esto al reemplazarse las luminarias de 400 W de vapor de sodio por luminarias led de 230 W. Por otro lado, el software de gestión de la iluminación pública Nox Manager usado en esta investigación, permitió una mejor visión y control de los activos de la iluminación pública.

De acuerdo con Maskarenj et al. (2018) "*A low cost sky-scanning device as centralized sensor for realtime light control in building management application, Mumbai, India*", el objetivo principal fue la optimización del diseño para reducir el consumo de lumínico, por lo que es importante cuantificar la luminancia en posiciones discretas sobre una base dinámica. La investigación utiliza una metodología de enfoque cuantitativo, de tipo aplicado, de nivel descriptivo y de diseño no experimental. Los modelos pueden utilizar para generar conjuntos de datos de luminancia discretizados para cálculos en interiores; sin embargo, la aplicación genérica de los modelos de cielo estándar

para todos los puntos de tiempo puede subestimar la distribución de iluminancia interior real. Por lo tanto, se concluye que la aplicación de un sensor centralizado para el control de la iluminación interior en tiempo real tiene el potencial de integración ambiental en los edificios, y esta tecnología puede complementar los avances en la tecnología de iluminación artificial y el sistema de control óptico.

Para Sowa (2018) en *“An improvement in the energetic efficiency of a building using daylight in the light control system, Poznan, Poland”*, el objetivo fue evaluar el aumento de la eficiencia energética de los edificios en base a la limitación del uso de calor y electricidad. La metodología utilizada en la investigación es de tipo aplicado, de nivel descriptivo, de enfoque cuantitativo y de diseño no experimental. Con los beneficios de tales actividades se espera tener un impacto en la reducción de los costos de funcionamiento y ayudar en el medio ambiente protección gracias a la limitada demanda de energía primaria; por lo tanto, es extremadamente importante realizar acciones para mejorar la eficiencia energética de los edificios, una de las formas de limitar el uso de energía para iluminación, cuando se trata de electricidad, es implementar un sistema de control que permitiría limitar el consumo de energía para la comodidad y seguridad del usuario. La iluminación representar hasta el 20% de los costos totales del consumo de energía de una instalación, debe instalarse de manera que se debe asegurar el máximo aprovechamiento de la intensidad lumínica. El sistema propuesto de control permite una reducción en el consumo eléctrico de los edificios del 48%; por lo tanto, se concluye que el sistema de control lumínico reduce el consumo de energía.

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

De acuerdo con Cárdenas (2022) en *“Diagnóstico energético y planteamiento de mejoras para optimizar el uso de energía en la planta de acopio Laive S.A. ubicada en El Pedregal, Arequipa, Arequipa”*, para lograr el grado académico de maestro en gestión de la energía con mención en electricidad, la finalidad fue diseñar propuestas de gestión para el uso eficiente de la energía, lo cual comprende mecanismos de control sobre el consumo energético. A partir de ello, fue necesario evaluar la situación inicial, analizar el desempeño de los equipos y proponer un sistema mucho más adecuado y que reduzca el consumo lumínico. La metodología usada en la investigación es de tipo aplicado, de enfoque cuantitativo, de nivel descriptivo y de diseño no experimental; la técnica de recolección de datos fue la observación directa y participativa a través de instrumentos como las fichas de registro. La propuesta de mejora refleja un diagrama del proceso mejorado, revisión de facturación y un control de los equipos con un consumo crítico y alto. Los resultados indicaron que el consumo eléctrico de los equipos en la planta corresponde al 46%, lo cual es superior a las expectativas en un estándar de 30%; asimismo, el uso de un sistema de energía fotovoltaica permitiría un ahorro del consumo de 40%, lo que presenta un beneficio económico de USD \$ 3,811 dólares y se proyecta una recuperación de la inversión en 32.2 meses.

Según Vallejos (2021) en *“Gestión estratégica del sistema eléctrico y la cultura de ahorro de energía en el complejo comercial Unicachi, Comas, Lima, 2021”*, para optar por el grado de maestro en ingeniería eléctrica con mención en gestión de sistemas de energía eléctrica, el objetivo principal fue determinar cuánto influye la gestión del sistema eléctrico en la reducción del consumo lumínico en el ahorro de energía; en este sentido, se planteó el análisis de la influencia del planteamiento y control estratégico sobre el ahorro de energía. La investigación se basa en una metodología de tipo aplicada, cuantitativo, explicativo y de diseño no experimental de corte transversal; las técnicas de recolección de datos fueron la observación directa y la encuesta; asimismo, la muestra corresponde a 225 usuarios del servicio eléctrico. Los resultados estadísticos evidencian que la gestión estratégica se relaciona de forma positiva y en un nivel bajo con el ahorro de energía, dado que se obtuvo un coeficiente de correlación de Spearman de 0.346 con significancia (p-valor) de

$0.000 < 0.05$ . Finalmente, se recomienda realizar campañas de concientización y capacitaciones para reducir el consumo de energía y así colaborar con una mejor administración de los recursos.

En el trabajo de investigación realizado por Campos (2019) denominado *“Sistemas de consumo eléctrico en el edificio KPMG e índice de mejora para el consumo energético, Chiclayo, Lambayeque”* se tuvo como objetivo analizar el problema de consumo y el uso de energía los cuales se encuentran asociadas a las normas técnicas y criterios de eficiencia energética. La metodología fue de tipo aplicada, hipotética-descriptiva, se analizó el edificio KPMG ubicado en Chiclayo por medio de equipos de contabilizador de cargas eléctricas registradas y ubicadas en la edificación. Los resultados corroboraron la hipótesis definida, visualizándose el consumo energético de 77,412 kWh, que es llevado al 24,94% del consumo total, el primer piso tiene un consumo de 54,816 kWh que equivale al 15.59% del consumo total y la parte de cómputo tiene un consumo de 50,160 kWh equivalente al 16.10% del consumo total por lo que el gasto excede los 87,888 soles anuales. Se concluye mencionando que, las actividades que se realizan no están siendo monitoreadas, el edificio KPMG de acuerdo a sus distintos ambientes, mantienen un manejo deficiente por lo que se generan demasiados gastos.

Por otro lado, Huamán (2017) en su tesis para conseguir el grado de magister en ingeniería mecánico-eléctrica, titulada *“Control inteligente de sistemas de iluminación en edificios, de la universidad de Piura, Piura”* tiene como principal objetivo desarrollar un controlador adaptivo para el funcionamiento inteligente de la iluminación en edificios o cualquier espacio que requiera de una buena iluminación como oficinas o viviendas. Se dice también que se han tomado en cuenta los sistemas de aprendizaje automático utilizando redes neuronales artificiales y árboles de decisión las cuales fueron usadas para adaptar la iluminación a las necesidades del usuario sin dejar de tener en cuenta las normas de iluminación. La presente investigación es experimental, por lo que se buscó desarrollar un controlador que además de cumplir con lo dictaminado en normas, también pueda adaptarse al usuario final funcionando de forma eficiente y llegando a optimizar el sistema eléctrico. Además, se añadirá ciertos estudios acerca de los controladores de este sistema propuesto para tener las conclusiones necesarias de este estudio. Se concluye diciendo

que este sistema se llega a adaptar a las decisiones del usuario y además controla un nivel mínimo de iluminación necesaria usando un control PID adaptativo para los ambientes estudiados.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Sistema de control lumínico**

#### **Sistemas de control**

Según Mora (2019) un sistema de control genera facilidades, en cuanto al modo y objetivo en que se usa, la implementación de este método aumenta la producción, mejora la calidad de cargas, genera ahorros de energía, brinda seguridad y mantiene un manejo óptimo. Asimismo, el sistema de control lumínico provee registros específicos donde se generan los problemas o posibles fallas, esto a su vez aporta como beneficio de análisis. Los seres humanos para vivir necesitamos de la energía que nos proporcionan los alimentos, de la misma forma que el planeta y todos los seres vivos necesitamos del calor que recibimos del sol. La energía es el poder que tienen los cuerpos para realizar un trabajo (Trabajo mecánico, generación de calor o emisión de luz, etc.).

Para Yan y Wang (2022) el desarrollo de la sociedad, la urbanización es cada vez más rápida y al mismo tiempo, la problemática del consumo de energía eléctrica en las ciudades es cada vez más grave. El problema de la energía ha causado una gran preocupación en todo el mundo y la escasez de energía eléctrica en la sociedad actual, donde la electricidad es indispensable en todas partes, puede causar grandes problemas en la vida humana. El sistema de control es un parte indispensable e importante de una ciudad y juega un papel importante; sin embargo, debido a la gran cantidad de luces, el amplio modo de control determina utilizar la fuente de alimentación de sincronización centralizada y el apagado de sincronización. Este método de gestión tiene una gran limitación y puede causar serios problemas de desperdicio de energía. Por lo tanto, se ha convertido en un tema candente para mejorar el método de control de alumbrado público existente y realizar un sistema de control de alumbrado público de bajo consumo

Según Gupta y Johari (2019) la demanda de un sistema inteligente de control se analiza principalmente desde dos aspectos. En primer lugar, desde el grado de inteligencia, necesitamos resolver el problema de las luces que no se pueden encender a tiempo, tomando en cuenta diferentes estaciones o un clima especial. Por lo tanto, el sistema de alumbrado inteligente necesita ser capaz de realizar el ajuste inteligente del brillo de la luz de acuerdo con la condición ambiental actual. En segundo lugar, desde la perspectiva del ahorro de energía, la mayoría de las luces tradicionales siguen siendo lámparas de sodio de alta presión, las cuales tienen una vida corta y baja eficiencia del reflector, al mismo tiempo cuando se encienden dichas luces, estas necesitan un considerable tiempo de encendido, lo que además provoca un desperdicio de electricidad.

Para Lestari et al. (2018) la necesidad de un sistema de control automático es necesaria con la creciente actividad de cada comunidad individual con varias actividades y tiempos erráticos y como resultado, muchas actividades del hogar se retrasan, como encender o apagar las luces de cada habitación por la noche y por la mañana. El sistema inteligente es una solución que se adapta a las necesidades de los controladores automáticos actuales, a través de una tecnología integrada con la ayuda de las herramientas que puede ser una computadora u otro dispositivo, por ejemplo, un teléfono inteligente para brindar toda la comodidad, seguridad, protección y ahorro de energía es automático y programado. En este estudio, se creó un sistema de hogar inteligente para aplicaciones de sistemas de control de iluminación en el hogar utilizando el microcontrolador Arduino Uno a través de medios wifi-basados en dispositivos móviles. A partir de ello, el usuario puede controlar las luces de la casa apagando o encendiendo las luces de forma remota a través de los medios móviles. Por lo tanto, la eficiencia del uso de la electricidad se mantiene más.

### **Energía eléctrica**

Según Hernández (2018) existen 2 tipos de energía, primaria y final. La energía primaria es aquella que proviene de fuentes naturales y que está contenida en los combustibles antes de pasar por el proceso de transformación a energía final. Entre los combustibles tenemos el petróleo, el carbón o el gas natural, también conocidos como recursos no renovables, además están los

recursos renovables como por ejemplo la energía eólica, la energía geotérmica o la energía solar. La energía final en cambio es aquella que se usa en los puntos de consumo como es el caso de la electricidad y el gas natural que se utilizan en las casas. Para disponer de estas son necesarias operaciones de transformación y transporte desde los puntos de extracción y generación hasta el consumidor final.

Según la Guía técnica de Iluminación eficiente de la comunidad de Madrid desarrollado por ESCAN S.A. (2006) la corriente eléctrica es el flujo de electrones o cargas eléctricas a través de un medio conductor y se produce al poner en contacto dos elementos que están sometidos a una diferencia de potencial. La corriente eléctrica puede ser continua o alterna, la primera fluye de un punto a otro siempre en el mismo sentido a diferencia de la alterna que cambia de sentido periódicamente. La corriente continua la podemos obtener de las pilas o baterías, mientras que electricidad comercial a gran escala viene de generadores o de centrales de energía eléctrica que producen la corriente alterna. En la actualidad estas centrales tienen una turbina que al girar trasladan su movimiento a un grupo de imanes y estos al girar cambian la posición del material conductor respecto a las líneas de fuerza del campo magnético, induciendo una corriente eléctrica en el conductor (según el principio de Faraday). La energía que mueve las turbinas en las centrales de generación eléctrica proviene de diversas fuentes, como, por ejemplo, energía hidráulica, solar, térmica, eólica, etc.

En cuanto el medio ambiente, según Rey et al. (2018) los procesos de captación, transformación y uso de la energía eléctrica causan un fuerte impacto no solo por el agotamiento de los recursos no renovables sino por efectos más graves que tienen que ver con el cambio climático como son la lluvia ácida, el efecto invernadero y la destrucción de la capa de ozono. Definitivamente el impacto más grave para el medio ambiente es el originado por los gases de efecto invernadero producidos generalmente en procesos de combustión para generar energía eléctrica y térmica. El principal gas que origina el efecto invernadero es el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) siendo el responsable del aumento de la temperatura media del planeta con los consecuentes cambios climáticos.

## **Eficiencia energética**

Según Serra (2008) entendemos como eficiencia energética a la disminución de la potencia y la energía demandada al sistema eléctrico sin que esto afecte a las actividades normales realizadas en las industrias, edificaciones o cualquier proceso de transformación. Un estudio de ahorro y eficiencia energética involucra la disminución de emisiones de CO<sub>2</sub> para hacer sostenible el sistema y así reducir la demanda energética, aumentar el rendimiento energético de las instalaciones evitando cortes y fallas con una gestión técnica adecuada y la disminución de las tarifas eléctricas y el uso innecesario de las instalaciones.

Por su parte, para García et al. (2013) la eficiencia energética no necesariamente supone un cambio en los hábitos de consumo de los usuarios, por el contrario, está más relacionada con el cambio de equipos por otros que entreguen las mismas prestaciones consumiendo menos electricidad. Por ejemplo, usar un refrigerador de clase energética A (el que consume menos) en lugar de uno de clase energética G. No se cambia la forma de funcionamiento del refrigerador, sigue funcionando igual, simplemente el de clase A consume menos energía eléctrica que el de clase G. En cambio, el ahorro energético si supone un cambio en los hábitos de consumo, en ocasiones solo basta con eliminar los malos hábitos que nos hacen desperdiciar energía, por ejemplo, dejar una habitación vacía con las luces encendidas.

De acuerdo con Ramírez (2020) un sistema eficiente se encuentra vinculado con el medio ambiente, además de precisar menos energía para efectuar el mismo trabajo, también busca abastecerse, si no por completo, con la mayor cantidad posible de energías renovables. Además, se dice que un aparato, proceso o instalación es energéticamente eficiente cuando consume una cantidad inferior a la media de energía para realizar una actividad. En el rubro eléctrico se pretende conseguir una mejora en el consumo de algún recurso se suele usar alguno de estos conceptos indistintamente como si tuvieran el mismo significado y no es así.

Según De Simón et al. (2017) la eficiencia se define como la relación entre los recursos empleados en un proyecto y los resultados positivos obtenidos con esos mismos recursos. Se pueden alcanzar más logros con los mismos recursos o la misma cantidad buenos resultados, pero con menos

recursos. Mientras que, la eficacia es el nivel o grado de cumplimiento de metas y objetivos. Se refiere más a la capacidad de conseguir los objetivos propuestos, pero sin poner énfasis al buen uso de los recursos. En el caso de proyectos eléctricos, el recurso que se maneja es el consumo eléctrico con el que iluminamos el pabellón de Especialidades. La idea es mejorar la calidad en la iluminación para los usuarios y reduciendo el consumo eléctrico de ser posible.

Por otro lado, en Socconini y Martín (2019) se menciona que el horizonte actual del uso de energía se basa en un sistema de un sistema autónomo en el uso eficiente de los recursos. A partir de ello, el suministro de energía debe evidenciar un alto índice de fiabilidad con un suministro continuo. Asimismo, las corrientes ambientalistas para la conservación expresan varias razones para el ahorro de energía, tales como la protección del ambiente hacia el cambio climático, la disminución de costos y gastos económicos por las operaciones y la reducción de la dependencia energética para el desarrollo de alternativas sostenibles.

### **Auditoria energética**

Para Castrillón y González (2018) la auditoría energética tiene que ver con la inspección y análisis sistemático del uso y consumo de energía con la finalidad de identificar flujos y oportunidades potenciales para mejorar el desempeño energético. En otras palabras, es un proceso sistemático por el cual se obtiene un conocimiento suficientemente confiable del consumo energético del inmueble en evaluación, se hallan los factores que afectan al consumo de energía y se identifican, evalúan y ordenan las distintas oportunidades de ahorro energético, en función de su rentabilidad. El fin es disminuir el consumo de energía consiguiendo una mejora económica, en la calidad de los servicios y minimizando el impacto ambiental.

Según AEDIE (2003) primero se realiza una auditoria pasiva que viene a ser el levantamiento de información o inventariado de los equipos existentes en la instalación, tomando nota del consumo nominal de cada equipo según las hojas de datos y manuales de los mismos. Para luego obtener el consumo total esperado. Luego se realiza lo que se conoce como una auditoria activa, que

viene a ser la medición y registro de los parámetros eléctricos, térmicos, lumínicos o aquellos que permitan determinar el confort en el edificio. Para ellos se requiere del uso de equipos de medición tales como multímetros, pinzas amperimétricas, luxómetros, termómetros, higrómetros, etc. A continuación, se presentarán los resultados en tablas y se realizarán las propuestas de mejora para obtener una eficiencia energética y viendo alternativas de instalación de energías renovables.

### **2.2.2. Consumo eléctrico**

Según Pinaya et al. (2017) el consumo eléctrico está ligado a las actividades que funcionan bajo la utilización de energía, asimismo, se describe como las medidas técnicas o gestiones que emiten un resumen acerca de lo que se consume o gasta en energía eléctrica. El consumo está muy influenciado por la tarifa impuesta por la empresa de electricidad; y para poder predecir el consumo del consumidor, es necesario tener en cuenta parámetros específicos que son característicos del mismo. Por otro lado, cada producción contiene ciclos tecnológicos, que sumados forman un proceso de tiempo único; sin embargo, en todos los ciclos de producción del consumo de energía, se pueden encontrar características comunes, formando así una base metodológica para hacer un pronóstico preciso.

En Hoshimov et al. (2020) se menciona que existen factores que influyen sobre el consumo. En primer lugar, la dependencia del consumo en temperatura, dado que es conocido que el consumo de electricidad aumenta en frío cuando se encienden calentadores eléctricos adicionales, y en días calurosos, cuando los acondicionadores de aire están encendidos. Otros elementos son los factores meteorológicos son la humedad del aire o la velocidad del viento, que crean incomodidad para los humanos y pueden explicar el uso de dispositivos de calefacción y refrigeración. La duración del día es un dato importante, a medida que se reduce la luz del día, el uso de la electricidad para muchos consumidores aumenta. Los factores sociales también afectan el consumo de energía, incluyen el número de días laborables y días libres, festivos y jornadas laborales reducidas, vacaciones, etc. Al planificar el consumo de electricidad, las tendencias de desarrollo de la empresa deben tenerse en cuenta. El consumo aumenta debido al aumento de volúmenes de materias primas o el uso de equipo; asimismo, al realizar el mantenimiento preventivo o parada del equipo, el consumo cae.

Según Larrea et al. (2021) la previsión del consumo de energía hoy en día es una necesidad debido al gran aumento en la demanda de electricidad a nivel mundial. Uno de los objetivos relevantes de una compañía suministradora de energía eléctrica es disponer de previsiones fiables de consumo a corto plazo, para optimizar la gestión de ese consumo a través de los recursos disponibles. Una predicción correcta mejora la gestión del plan de operaciones

de la empresa de suministro, una labor que se lleva a cabo no sólo en función de los recursos disponibles sino también de la demanda esperada a suministrar y del cumplimiento de los contratos compromisos con las empresas proveedoras, distribuidoras y comercializadoras. Por lo tanto, existen muchos factores que pueden influir en el consumo eléctrico, como la ubicación geográfica ubicación o temperatura de la región.

### **Equipos de iluminación**

De acuerdo con la norma técnica UNE-EN 60598-1 (2015) se refiere a equipos de iluminación como los diferentes artefactos o aparatos que sirven para alumbrar o dar luz a un recinto o ambiente. Entre ellos tenemos las luminarias, las lámparas y los equipos auxiliares como los balastos. Las luminarias son los aparatos que sirven como soporte y protección a las lámparas y que permiten que estas se conecten a la red eléctrica. También se encargan de filtrar, repartir o direccionar el flujo luminoso de las lámparas adecuadamente. Pueden estar empotradas en el piso, al techo o la pared o también suspendidas del techo.

Para Domínguez y Ferrer (2019) las lámparas son los equipos que transforman la energía eléctrica en energía luminosa. Existen muchos tipos de lámparas, pero principalmente hay 3 categorías. Las lámparas incandescentes que son las más antiguas y la luz que irradian se produce por el calentamiento de un filamento de tungsteno. Las lámparas de descarga de gas que producen luz al excitar un gas por medio de un arco eléctrico entre 2 electrodos, en esta categoría entran las conocidas lámparas fluorescentes. Y por último tenemos las lámparas LED que generan luz por el paso de los electrones a través de un material semiconductor. Más adelante nos explayaremos explicando estos tipos.

Según Rey et al. (2020) se conocen como equipos auxiliares a aquellos que ayudan a iniciar el funcionamiento de la lámpara de forma estable, evitando las variaciones de intensidad y voltaje. Determinan en gran medida la prestación del servicio de la lámpara en cuestión de calidad de iluminación y ahorro en el consumo. Estos equipos tienen su propio consumo eléctrico. Los más conocidos son los balastos (o balastros) que son dispositivos

electromagnéticos, electrónicos o híbridos cuya función es la de limitar la corriente de encendido de las lámparas y también el voltaje.

De acuerdo con Domínguez y Ferrer (2019) los equipos auxiliares determinan en gran medida las prestaciones del servicio de la lámpara, tomando en cuenta la calidad y la economía al producir la luz. Estos equipos tienen su propio consumo eléctrico y debe agregársele al consumo propio de la luminaria a la hora de hacer cálculos de consumo de todo el sistema de iluminación. Los equipos auxiliares más comunes son los balastos, arrancadores y condensadores. Cuando se utilizan equipos electrónicos, estos pueden incorporar los 3 en uno solo.

En la misma línea, para Sá (2015) los equipos de iluminación son de gran importancia para el desarrollo de operaciones, en tanto que se requiere el uso de tecnología de punta para la innovación en los sistemas eléctricos. Por otro lado, las aplicaciones urbanas o en edificios de la iluminación deben contar con una protección en caso de riesgos, además de garantizar la calidad de la luz y reducir el consumo de energía. La adecuada gestión en los sistemas eléctricos permite incrementar la productividad en las operaciones, dado que se cuenta con un mejor espacio de trabajo, el mejor empleo de recursos productivos y la disposición orientada a la calidad.

### **2.2.3. Electricidad en edificaciones**

#### **Domótica e inmótica**

De acuerdo con Romero (2014) la domótica viene a ser el conjunto de técnicas utilizadas para automatización de la información y la gestión de las viviendas unifamiliares y multifamiliares. En otras palabras, la domótica es el equipamiento de nuestras viviendas con una tecnología sencilla que nos permita manejar los aparatos y las instalaciones domesticas de una manera eficiente energéticamente, segura y confortable.

Por otro lado, para Guerrero (2018) la inmótica se ocupa de edificios mas grandes, con fines específicos y enfocados no solo en la calidad de vida, sino también en la calidad del trabajo. Por ello, lo primordial es encontrar que funciones se quiere gestionar automáticamente, cuando y como. Para eso se

utilizarán las mismas técnicas de automatización que en la domótica, pero acondicionadas a los sistemas de automatización que se quiere incorporar.

Además, Vázquez (2020) define a la inmótica como la incorporación al equipamiento de edificios privilegiados o singulares, los cuales forman parte del mercado terciario e industrial, de sistemas de gestión técnica automatizada en sus instalaciones.

### **Elementos de una instalación automatizada**

De acuerdo con Gallardo (2019) independientemente de la topología, la tipología o los medios físicos empleados, cualquier solución de automatización ya sea doméstica (Domótica), en un edificio terciario (Inmótica) e incluso en la industria, contara con una serie de dispositivos o elementos funcionalmente similares. Dichos elementos se pueden agrupar en controladores, sensores y detectores, actuadores e interfaces:

Para Rey et al. (2020) los controladores son los dispositivos encargados del control del sistema de automatización. Estos equipos después de ser programados o configurados, podrán manejar la información recibida en sus entradas, por medio de los sensores, para luego generar acciones sobre el sistema a través de los actuadores. Existen muchos tipos de sensores y detectores en función de la magnitud que miden, de la interfaz física, del tipo de señal, etc.

En la misma línea, para De Simón et al. (2019) los actuadores son los encargados de convertir las ordenes enviadas por el controlador o controladores en acciones sobre el sistema: la activación o desactivación de electroválvulas, el manejo de las luces, el aire acondicionado o los extractores, etc. Las interfaces son aquellos dispositivos o aparatos con los que el usuario puede interactuar tanto para recibir información del sistema, como para realizar configuraciones o activaciones de distintos elementos del sistema. Podrían ser simples botoneras con leds o páginas web, laptops, computadoras, tablets o incluso celulares. Asimismo, en Villazón y Felipe (2020) se menciona la importancia del confort y comodidad.

Según Romero (2014) la arquitectura de una red automatizada se refiere a como está estructurada la red y en consecuencia habrá que diferenciar entre: tipologías de comunicación, topologías de red y medios físicos de transmisión.

Existen muchos sistemas relacionados a la automatización de edificios, pero hay principalmente 2 tipos, los llamados sistemas no propietarios o sistemas abiertos que son aquellos que no están asociados específicamente a una marca en concreto y los sistemas cerrados o propietarios.

Por otra parte, según Gallardo (2019) las soluciones existentes en el mercado de la automatización se pueden clasificar en 4 tipos de tecnologías que vamos a detallar a continuación:

- Centrales preprogramadas: Son sistemas basados en microcontroladores o centrales domóticas que sirven muy bien para soluciones simples, sin muchas prestaciones, fáciles de instalar y bastante económicas. El usuario solo debe preocuparse de instalar el hardware y programar algunos parámetros. Por ejemplo, existen productos como la plataforma VOX.2 de Simon, Zelio Hogar de Schneider, PLANNER de Niessen-ABB y TYDOM 4000 de Delta Dore, entre otros.
- Sistemas basados en corrientes portadoras: Es una solución de automatización de bajas prestaciones, bajo coste y fácil implementación pues no requiere de un cableado adicional para la interconexión de los distintos elementos del sistema ya que la ventaja radica en que se aprovecha la propia instalación eléctrica del lugar a automatizar. Se enchufan algunos dispositivos en ciertos puntos estratégicos y se lograra tenerlos interconectados entre ellos sin afectar la instalación eléctrica. Un sistema de este tipo es X-10 que se consigue por ejemplo en las marcas Marmitek y Home System.
- Automatización con relés programables: O más conocidos como PLCs, son autómatas programables de bajas prestaciones y reducido coste. Tienen un número limitado de entradas y salidas y son más utilizados para pequeñas aplicaciones de control industrial o aplicaciones de automatización doméstica. ¡Se tiene por ejemplo el PLC LOGO! De Siemens, el Micro 810 de Rockwell Automation o el Zelio Logic de Schneider Electric.

- Buses Inmótico KNX y LonWorks: Ambos sistemas basados en bus son las que mejor se han adaptado en los sectores de la automatización residencial e industrial, debido a que son sistemas abiertos, con buena versatilidad y sobre todo amplios. KNX es de origen europeo y LonWorks nació en el mercado americano, ambas tecnologías son competidoras y están normalizadas para ser usadas a nivel internacional.

### ***Tecnologías:***

#### a) ISO/IEC 14908 (LONWORKS®)

Normalmente conocido como LON (Local Operating Network – Red de Operación Local), LONWORKS® es una plataforma tecnológica robusta, basada en el estándar ISO/IEC 14908. Se tomará como plataforma base, para integrarse con la red DALI (explicado más adelante) y permitir integrarse de una manera rápida y de forma plana, con otros sistemas de control como climatización, persianas, acceso, etc. para un futuro, permitiendo ser una plataforma ampliable y escalable. Ventajas de un Sistema Abierto para el Propietario:

- Un sistema abierto está formado por variedades de productos suministrados por diferentes fabricantes.
- Puede ser instalado y configurado por diferentes integradores.
- El mantenimiento puede ser realizado por diferentes proveedores de servicios que hace que el precio sea competitivo.
- Posibilita la mayor capacidad de integración de sistemas.

El sistema que se propone tiene como objetivo último dotar de inteligencia al edificio, para conseguir los máximos niveles de eficiencia energética y servir de base para ampliar hacia el control de otros sistemas como climatización, persianas, enchufes, etc.

#### b) IEC 62386 (Dalí)

DALI (Digital Addressable Lighting Interfase) es una interfaz abierta utilizada para la iluminación, que trabaja bajo estructura Maestro – Esclavo, en este caso Controlador- Lámparas.

Es una interfaz sencilla que solo requiere de un par de cables eléctricos (20 AWG hasta 100 metros, 18 AWG hasta 150 metros y 16 AWG hasta 300 metros) para conectar cada balastro (lampara) con el controlador, en cualquier topología.

Dentro de una red DALI, se pueden conectar hasta 64 balastos electrónicos (Esclavos) hacia un controlador (Maestro) que puede trabajar como pasarela de comunicación hacia otro protocolo de comunicación, en este caso LONWORKS®

### **2.3. Definición de términos básicos**

**Amplificadores:** Dispositivos que incrementan la intensidad de las señales eléctricas (Buchanan, 2017, p.30).

**Building Management System (BMS):** El sistema de gestión de edificaciones es considerado como el sistema que controlan y automatizan los elementos mecánicos, eléctricos y tecnológicos de una edificación, entre ellos la climatización, iluminación y el consumo motorizado (Gómez, 2018, p.9).

**Circuito eléctrico:** Serie de elementos eléctricos o electrónicos interconectados a través de conductores en uno o más bucles cerrados (Interconsulting Bureau S.L, 2015, p.140).

**Circuito en serie:** Organización eléctrica que posee un solo trayecto para el fluido de la energía (Buchanan, 2017, p.30).

**Condiciones operacionales:** Conjunto de temperaturas de las cargas internas para el perfil de uso de una edificación (Martínez, 2015, p.229).

**Conductores:** Material u objetos que permiten que la electricidad o el calor se transporten a través de ellos (Buchanan, 2017, p.30).

Consumo energético: Energía necesaria para satisfacer la demanda energética de los servicios en edificaciones e industria (Martínez, 2015, p.229).

Galvanizado: Procesos electroquímico para cubrir un metal con otro. (Interconsulting Bureau S.L, 2015, p.140).

Generador: Máquina que usa partes móviles para generar energía eléctrica (Lawson, 2018, p.23).

Pulsadores: Elementos para abrir o cerrar el circuito para elegir la función que más interese según su aplicación (Gallardo, 2019, p.9).

Red eléctrica: Sistema conectado para llevar electricidad de los proveedores a los usuarios (Lawson, 2018, p.23).

Room Management System (RMS): Mientras que el BMS se basa en la integración de subsistemas generales del edificio y en la utilización de la red de control, el RMS busca el funcionamiento independiente de cada estancia monitorizada y controlada desde los puestos de control (Gómez, 2018, p.10).

Sensibilidad: Valor de la intensidad de fuga que provoca el acondicionamiento del interruptor diferencial, cortando el flujo de intensidad, además puede ser de nivel alto o bajo (Gallardo, 2019, p.7).

Voltaje: Fuerza de una corriente eléctrica expresada a través de la unidad de medida de voltios (Buchanan, 2017, p.30).

## **2.4. Hipótesis de investigación**

### **2.4.1. Hipótesis principal**

El sistema de control lumínico se relaciona directamente con la reducción del consumo eléctrico del pabellón de Especialidades de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad San Martín de Porres.

### **2.4.2. Hipótesis específicas**

El Sistema de gestión del edificio (BMS) se relaciona directamente con la reducción de la potencia eléctrica del pabellón de Especialidades de la FIA de la USMP.

El sistema de gestión de recintos (RMS) se relaciona directamente con el tiempo de uso de los recintos del pabellón de Especialidades de la FIA de la USMP.

## **CAPITULO III**

### **3.1. Diseño metodológico**

#### **3.1.1. Enfoque**

Una investigación de naturaleza cuantitativa, según Hernández y Mendoza (2018) se recolectan datos para probar hipótesis y responder preguntas con base numérica y análisis estadístico. La ruta cuantitativa es apropiada cuando queremos estimar las magnitudes u ocurrencia de los fenómenos y probar hipótesis.

#### **3.1.2. Tipo**

El tipo de investigación fue aplicada, según Príncipe (2018) busca hacer conocer, y a partir de ahí aplicar teorías necesarias para establecer principios generales con respecto a la naturaleza particular de la realidad para hacer uso práctico del conocimiento. En este sentido, la investigación toma datos observables para evidenciar la percepción del sistema de control lumínico y el consumo energético a fin de plantear relaciones entre ambos que expliquen la problemática.

#### **3.1.3. Nivel**

Con respecto al nivel o alcance es correlacional, puesto que corresponde a una clase de estudio que tiene como propósito conocer el nivel de relación que existe entre dos o más variables (Hernández y Mendoza, 2018). Siendo el caso del presente estudio que pretende medir las variables y su asociación en términos estadísticos para demostrar su dirección o sentido y magnitud de la relación bivariada.

#### **3.1.4. Diseño**

Este trabajo fue no experimental y de acuerdo con Valderrama (2019) esto se hace sin manipular deliberadamente las variables, es decir, lo que hacemos en la investigación no experimental es observar fenómenos tal ocurre en un ambiente natural para luego describirlos y analizarlos. La investigación en este no implica la manipulación deliberada de variable, sino simplemente la observación de fenómenos o eventos en el medio natural para analizarlos.

## **3.2. Población y muestra**

### **3.2.1. Población**

En el caso del presente estudio, la población está constituida por todos los trabajadores administrativos, operativos, personal docente y estudiantes que hacen uso frecuente de la institución de enseñanza superior universitaria con sede en La Molina, Lima Metropolitana.

### **3.2.2. Muestra**

Con relación a la muestra de la investigación, ésta se encuentra conformada por un total de 30 personas, quienes son trabajadores administrativos, operativos, personal docente y estudiantes que hacen uso frecuente de la institución de enseñanza superior universitaria con sede en La Molina, Lima Metropolitana. En este particular, el muestreo elegido es no probabilístico por conveniencia, que se da cuando el investigador selecciona la muestra atendiendo a razones de comodidad y según su criterio.

### **3.3. Definición de variables**

#### **3.3.1. Definición conceptual**

##### **Sistema de control lumínico**

Según Mora (2019) el sistema de control genera facilidades, en cuanto al modo y objetivo en que se usa, la implementación de este método aumenta la producción, mejora la calidad de cargas, genera ahorros de energía, brinda seguridad y mantiene un manejo óptimo. Asimismo, el sistema de control lumínico provee registros específicos donde se generan los problemas o posibles fallas, esto a su vez aporta como beneficio de análisis.

##### **Consumo eléctrico**

Según Pinaya et al. (2017) el consumo eléctrico está ligado a las actividades que funcionan bajo la utilización de energía, asimismo, se describe como las medidas técnicas o gestiones que emiten un resumen acerca de lo que se consume o gasta en energía eléctrica.

#### **3.3.2. Definición operacional**

##### **Sistema de control lumínico**

Es medido o analizado a través de sus dos dimensiones, en primer lugar. El sistema de gestión de edificación (BMS) y asimismo, por el sistema de gestión de recintos (RMS).

##### **Consumo eléctrico**

El consumo eléctrico es medido a través de dos dimensiones establecidas, por un lado, la potencia eléctrica y por otra parte, el tiempo

de uso de los ambientes o recintos del pabellón de Especialidades de la FIA de la universidad, materia de análisis.

### 3.4. Operacionalización de variables

**Tabla 1**

*Matriz de Operacionalización*

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR	Ítems	Tipo escala
Sistema de control lumínico	Sistemas de gestión del edificio (BMS)	Control de equipos de iluminación	1 y 2	Escala validada por responsable de Likert 1-5
		Calidad de equipos de iluminación	3 y 4	
		Supervisión del sistema total	5 y 6	
	Sistemas de gestión en recintos (RMS)	Control de equipos de iluminación	7 y 8	
		Calidad de equipos de iluminación	9 y 10	
		Supervisión del sistema parcial	11 y 12	
Consumo eléctrico	Potencia eléctrica	Funcionamiento de equipos de iluminación	1 y 2	Escala validada por responsable de Likert 1-5
		Cantidad de equipos de iluminación	3 y 4	
		Intensidad de equipos de iluminación	5 y 6	
	Tiempo de uso de los recintos	Académicos	7 y 8	
		Servicios	9 y 10	
		Circulaciones y accesos	11 y 12	

En la tabla anterior se presentan las variables en estudio, sus dimensiones o categorías, de igual manera sus indicadores e ítems respectivamente. Cabe señalar que la encuesta fue aplicada empleando la escala de Likert con valores del 1 al 5, siendo 1: Totalmente en desacuerdo al 5: Totalmente de acuerdo.

### **3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Para Ñaupas et al (2018) manifestaron que: “son un conjunto de reglas y procedimientos que rigen un determinado proceso y logran un determinado objetivo ... son parte del método científico”. (p.273). En el caso de este estudio, se empleó la observación directa efectuada por los investigadores y la encuesta como un medio para la recolección de datos sobre las variables y sus dimensiones respectivas, siendo necesario el cuestionario para dicho levantamiento de información, el cual fue realizado a través de la escala de Likert del 1 al 5, para un total de 24 ítems correspondiente a cada una de las categorías e indicadores de cada variable.

### **3.6. Técnicas e instrumentos de procesamiento de datos**

En este apartado se especifica el uso de la estadística descriptiva, producto de la aplicación del cuestionario, se procedió a la tabulación de las encuestas realizadas, siendo necesario emplear para resumir los datos: análisis de frecuencia y gráficos de barras, donde se muestran las frecuencias absolutas y relativas de cada uno de los indicadores de la variable dependiente y sus dimensiones a nivel porcentual, con ello se logra un mayor entendimiento de la situación actual del estudio, las mismas que permiten una interpretación y toma de decisiones a cargo del equipo implementador. Asimismo, en la etapa de estadística inferencial se emplean pruebas estadísticas tales Chi-Cuadrado, Pearson y Spearman a un nivel de significancia del 5% para el rechazo o no de la hipótesis nula.

## **CAPÍTULO IV**

## 4. Desarrollo

### 4.1. Memoria descriptiva

#### 4.1.1. Ubicación y localización

La USMP se encuentra ubicada en la Avenida La Fontana 1250 La Molina - Lima, Perú. El distrito de La Molina, se encuentra ubicado en la parte central de la costa del Perú, en la provincia de Lima, a una altitud de 255 msnm, con coordenadas geográficas latitud sur 12°00'03" y longitud oeste 76°57'00". Limita al norte con el distrito de Ate Vitarte y al este con el distrito de Pachacámac y Cieneguilla y al sur con el distrito de Pachacámac y Villa María del Triunfo, y al oeste con el distrito de Santiago de Surco. La superficie total del territorial es de 67.75 Kilómetros cuadrados.

### Figura 1

*Imagen satelital de la ubicación*



Fuente: Google Earth (2022)

**Figura 2**

*Mapa de ubicación del distrito de La Molina*



Fuente: Google Earth (2022)

#### 4.1.2. Clima

En La Molina, los veranos son muy calientes, húmedos, secos y nublados y los inviernos son largos, frescos, secos y mayormente despejados. Las temperaturas suelen oscilar entre 15°C a 27°C durante el año y rara vez caen por debajo de los 13°C o por encima de los 29°C

**Figura 3**

*Tabla Clima en La Molina*

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sep-tiembre	Octubre	Noviem-bre	Diciem-bre
Temperatura media (°C)	4.2	4.1	6.4	8.3	11.1	14.4	16	16.4	14.8	12	7.1	5.1
Temperatura min. (°C)	1.1	0.7	2.5	4.4	7.3	10.9	12.7	13.1	11.3	8.5	4.1	1.9
Temperatura máx. (°C)	7.6	7.7	10.4	12.2	14.8	18.1	19.5	20	18.5	15.8	10.4	8.7
Precipitación (mm)	136	123	128	138	141	121	107	112	112	139	165	128
Humedad(%)	83%	81%	78%	80%	82%	83%	84%	83%	81%	80%	83%	79%
Días lluviosos (días)	12	10	11	13	14	12	12	13	11	12	12	12
Horas de sol (horas)	4.7	5.1	6.5	6.8	7.4	7.9	7.5	7.5	7.5	6.5	4.9	4.9

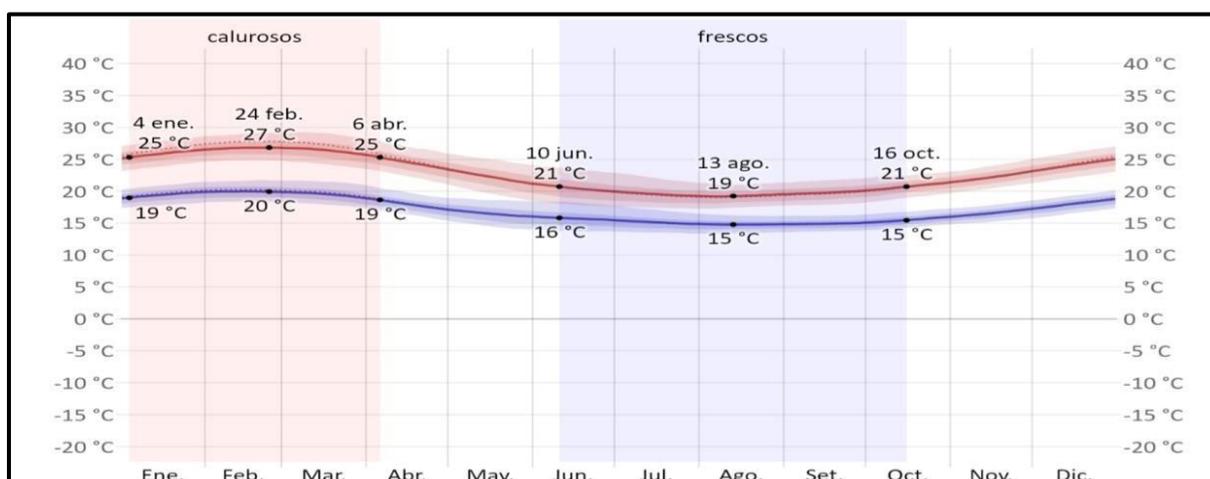
Fuente: Datos: 1991 - 2021 Temperatura min. (°C), máx. (°C), Precipitación (mm), Humedad, Lluvia. (Climate Data, 2022).

### 4.1.3. Temperatura

La temporada templada dura 3.0 meses, del 4 de enero al 6 de abril, con una temperatura máxima promedio diaria superior 25°C. El mes más caluroso del año en La Molina es en febrero, con una temperatura media de 27°C y una mínima de 20 °C. La temporada fresca dura 4.2 meses, del 10 de junio al 16 de octubre, con una temperatura máxima diaria promedio inferior a 21°C. El mes más frío del año en La Molina es agosto, con una temperatura mínima de 15°C y una máxima de 19°C.

**Figura 4**

*Temperatura máxima y mínima promedio en La Molina*



Fuente: Temperatura máxima (línea roja) y temperatura mínima (línea azul) (Weather Spark, 2022).

### 4.1.4. Descripción del proyecto

El presente proyecto busca mejorar la eficiencia energética en el pabellón de especialidades de la FIA de la USMP, a través de la implementación de un sistema automatizado de control de los circuitos de iluminación dentro del pabellón de la Universidad. Dentro de la presente memoria descriptiva, se describen las funcionalidades en que se basará dicho Sistema de Control y Automatización, buscando como objetivo principal optimizar el uso de la iluminación de la Universidad para ofrecer un sistema eficiente y confortable, tanto para los alumnos como para todo el personal de la Universidad.

## Figura 5

Área del campus de la universidad USMP



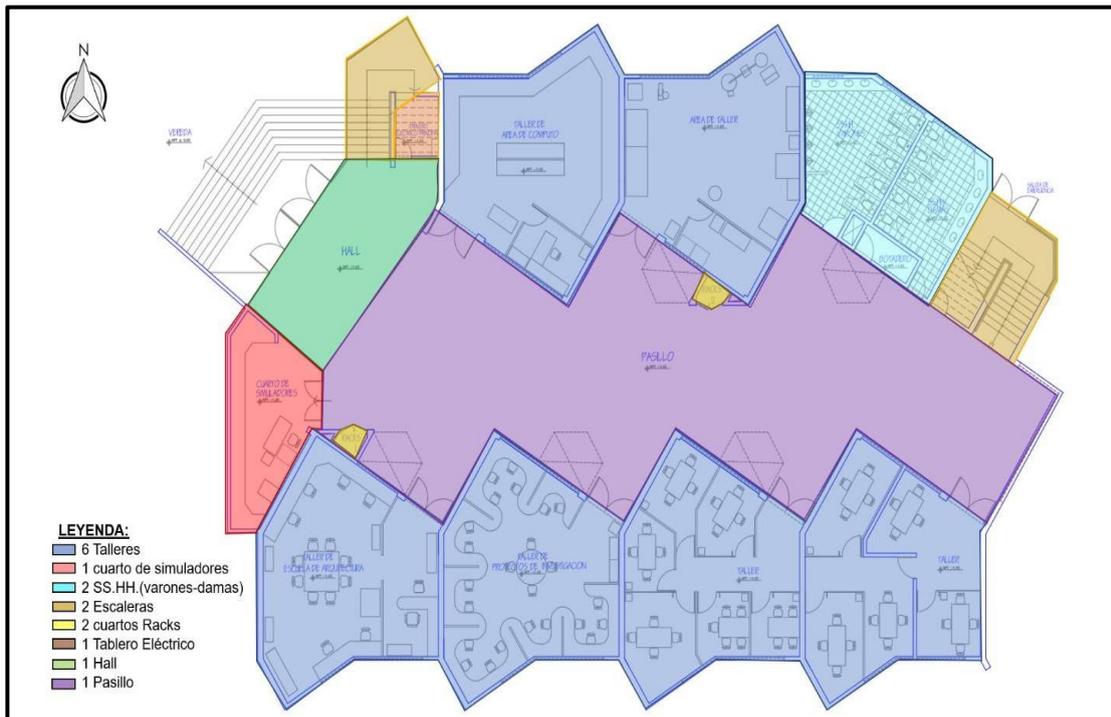
Fuente: Google Maps (2022)

Pabellón de Especialidades de la FIA de la USMP, está basado en un edificio de una planta Semisótano y tres plantas de altura, además de azotea y techo, descrito a continuación:

- **Planta semisótano:**
  - 6 talleres
  - 1 cuarto de simuladores
  - 1 baño para hombres
  - 1 baño para mujeres
  - 2 escaleras
  - 2 cuartos de racks
  - 1 hall
  - 1 pasillo

## Figura 6

Planta Semisótano – Pabellón de Especialidades



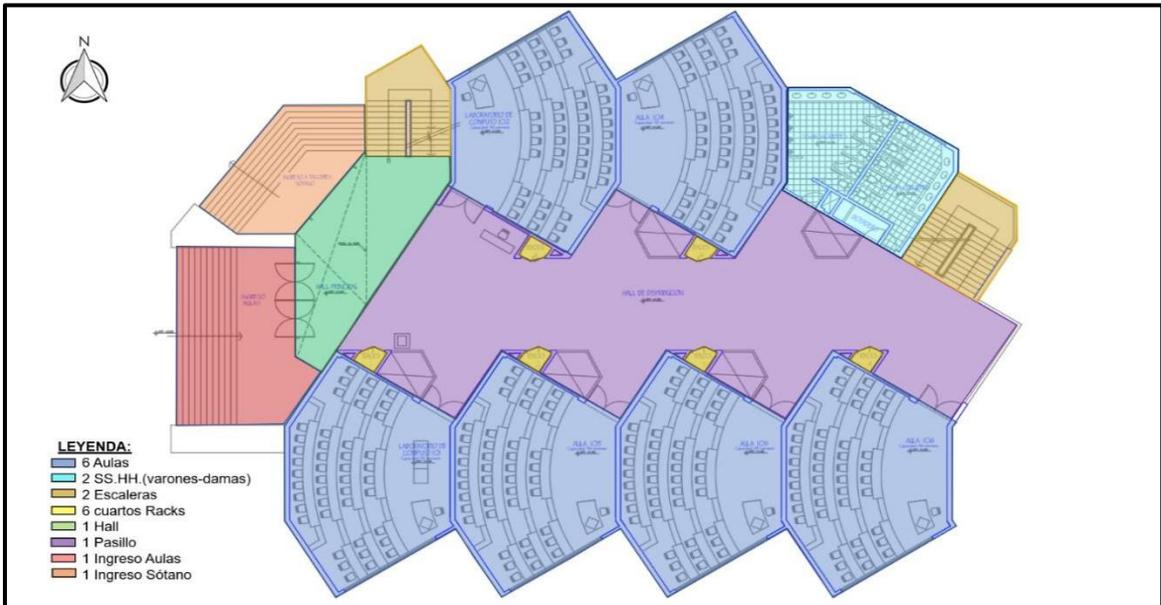
Fuente: Elaboración propia

- **Primera, segunda y tercera planta:**

- 6 aulas
- 1 baño para hombres
- 1 baño para mujeres
- 2 escaleras
- 6 cuartos de racks
- 1 hall
- 1 pasillo
- 1 ingreso aulas
- 1 ingreso talleres

**Figura 7**

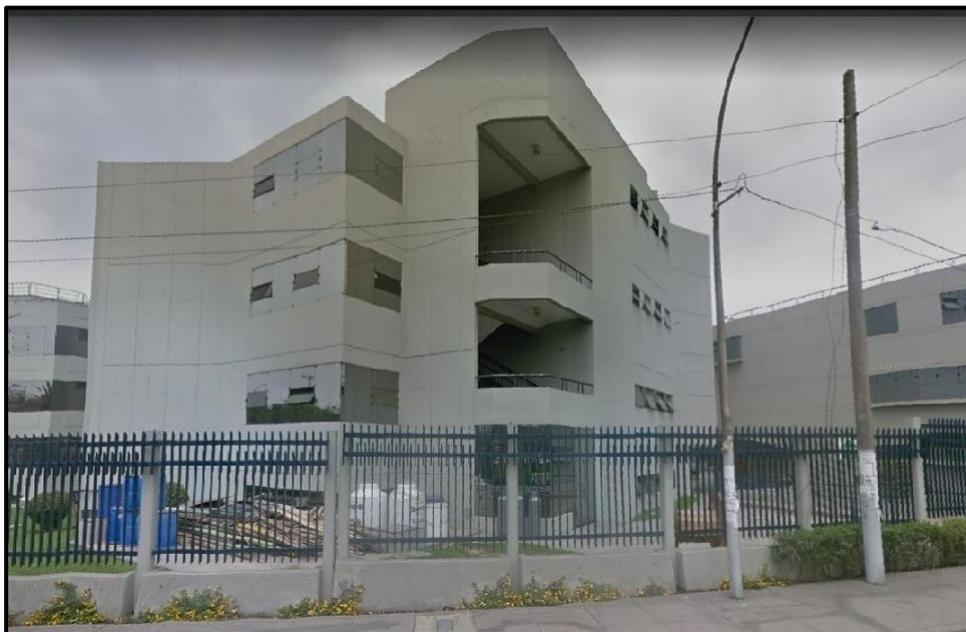
*Primera, segunda y tercera planta del pabellón de Especialidades*



Fuente: Elaboración propia

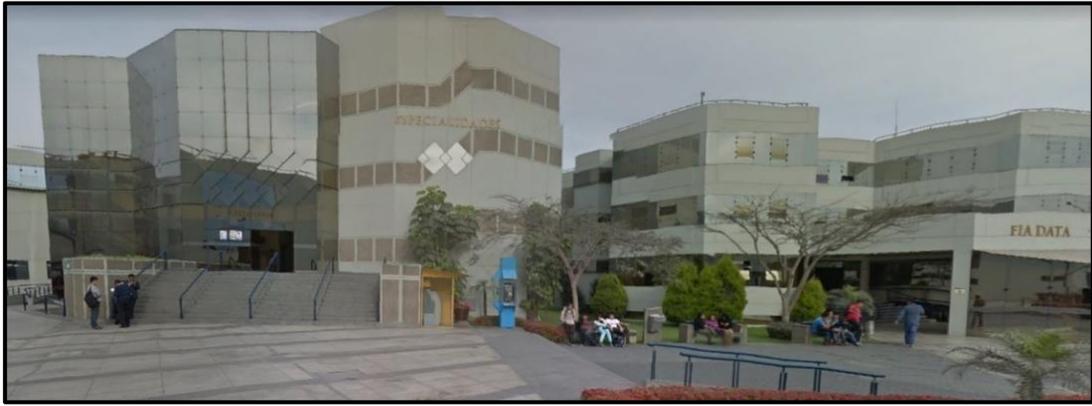
**Figura 8.**

*Parte Posterior del Pabellón de Especialidades*



Fuente: Google Maps (2022)

**Figura 9.** Ingreso del Pabellón de Especialidades



Fuente: Google Maps (2022)

#### **4.1.5. Situación actual**

La iluminación de los ambientes del pabellón de especialidades de la universidad es controlada de forma manual por los usuarios (docentes, alumnos, personal de mantenimiento, de limpieza y administrativo) como se suele realizar tradicionalmente. Esto ocasiona que el encender y apagar las luminarias se realice sin un plan o estrategia de ahorro energético predefinida y simplemente se basa en las decisiones personales de los usuarios, por lo tanto, no es predecible. Además, hemos notado indicios de un constante mal uso de la iluminación, encontrando luminarias encendidas en ambientes vacíos, tales como baños, aulas y pasillos en los diversos pisos. En la actualidad no se ha registrado un estudio de cuanta energía se malgasta de esta forma en dicho pabellón. Lo que si se tiene es el recibo de electricidad general que muestra el consumo eléctrico de todos los pabellones y el campus exterior, mas no se conoce el consumo eléctrico independiente del pabellón de especialidades.

#### **4.1.6. Alcances del proyecto**

Se podría implementar la eficiencia energética del edificio en otros aspectos adicionales tales como climatización, controles de acceso y automatización, sin embargo, para el presente proyecto sólo nos enfocaremos en la propuesta para hacer mas eficiente el consumo energético solo en iluminación, basándonos en un sistema de control automático.

## **4.2. Sistema de control**

El sistema de control a Implementar dentro del edificio se basará únicamente en tecnologías abiertas e interoperables basados en estándares internacionales ISO. Arquitectura del sistema (Infraestructura de RED). La arquitectura del sistema constará de una troncal IP para la conexión entre diferentes canales o segmentos de cada planta, que conectará a los diferentes dispositivos de control electrónicos de cada zona.

### **4.2.1. Cableado**

#### **a) Canal troncal**

- Tipo de Medio: Compartido con la Red de datos.
- Medio físico: Cable UTP Cat. 6E. Se recomienda coordinarlo con el departamento de IT de la Universidad para que se incorpore el sistema de control a la red IP del edificio.
- Topología de la red: Bus
- Velocidad de comunicación: La velocidad dependerá de la red IP del edificio.

En la troncal se conectará la plataforma de supervisión y control, que consta de una computadora, pantalla plana y un software de supervisión y control desde que se podrá realizar la monitorización y control de los elementos de todo el edificio. No se dotará de inteligencia a esta plataforma de tal modo que, si se desconectara o apagará, no afectaría a la funcionalidad del sistema. También se conectará un servidor Web que trabajará como apoyo a la plataforma de supervisión y control para el control del edificio a través de una página Web, explicada más adelante.

#### **b) Canal de planta**

- Tipo de Medio: Privado, es decir, no posee comunicación, ni conexión física con otros tipos de datos como Red de datos.
- Medio físico: Cable apantallado que consta de un par trenzado para la comunicación, un par de cable para la tele alimentación a 12 VDC de los dispositivos de control y un par uso de retorno que permita realizar una

topología de tipo bus sin la necesidad de utilizar doble manguera o doble cableado. Insensible a la polaridad.

- Topología de la red: Libre.
- Velocidad de comunicación: La velocidad será, como mínimo, de 78 kbps para asegurar un ancho de banda suficiente para la interconexión de los diferentes canales a la troncal.

#### **4.2.2. Dispositivos de control del sistema.**

Dentro del edificio se instalarán diferentes dispositivos electrónicos, con comunicación nativa ISO/IEC 14908-1, que contarán con las siguientes características principales:

**a) Dispositivos electrónicos para la Infraestructura de red:** La infraestructura común del edificio contará con la troncal y un canal por cada planta. Las características que cumplirán son:

- Aislar el tráfico entre la troncal y cada canal.
- Se colocará uno por planta.
- Puede ser servidor Web.
- Se comunicará a través de ISO/IEC 14908-2 con el canal de cada planta e ISO/IEC 14908-4 (IP-852) con la troncal hacia el Servidor Web y plataforma de supervisión y control.

**b) Dispositivos electrónicos para el control de cada zona:** Cada zona tendrá dispositivos electrónicos de control con una configuración específica, descrito más adelante, que contarán con las siguientes características:

- Serán nativos ISO/IEC 14908-1 e ISO/IEC 14908-2
- Contará con entradas/salidas para realizar el control específico del área respectiva, explicado más adelante.
- Se distribuirán dentro de cuadros a lo largo de la instalación.
- Se unirán por medio del canal de planta.
- Algunos controladores se comunicarán con los balastos electrónicos a través de la red DALI.

- Serán alimentados con 220VAC de la red eléctrica local de la zona, evitando así el tendido de líneas eléctricas comunes para todo el sistema de control y reduciendo el riesgo de fallo en la energía.
- Podrán operar de manera independiente, por lo que la pérdida de comunicación no afectara el funcionamiento normal de las instalaciones locales.

#### **4.2.3. Herramientas de instalación y diagnóstico de red**

El sistema de control será instalado, configurado y comisionado a través de un software de gestión de red que correrá sobre una computadora. Existen diferentes softwares de gestión de red utilizados por los diferentes integradores, para asegurar que cualquier integrador pueda mantener el sistema, al igual de poder reemplazar un dispositivo dañado o sustituirlo por otro dispositivo, la herramienta de gestión de red deberá cumplir con las siguientes condiciones: El software de gestión deberá ser estándar, por ejemplo, LonMaker®, LonWatcher, OpenLNS CT o similar, asimismo se deberá ser compatible con LNS versión 3.24.048 Service Pack 4 o superior.

#### **4.2.4. Interfaces de usuario**

Son dispositivos que permiten al usuario interactuar con el sistema de control, pueden basarse en ordenadores, pantallas táctiles, páginas web, etc. Para el presente proyecto, se incluirá un Servidor Web donde se alojará una página para que los propios profesores y el personal puedan controlar su respectiva área, a través del móvil o tablet, sin requerir llamar al personal de mantenimiento o ir hacia los pulsadores. La gestión que se realizará se indica a continuación:

- Planos de ubicación de cada una de las áreas a controlar.
- Encendido/Apagado/Regulación de los respectivos circuitos de iluminación.

El sistema de control estará preparado para la ampliación añadiendo otros tipos de interfaces de usuario en caso necesario, como pantallas táctiles, teclados, etc. Siendo compatible con diferentes fabricantes.

#### **4.2.5. Software de supervisión y control**

El software de supervisión y control debe ir instalado dentro de una computadora, que permitirá acceder y gestionar de forma gráfica los diferentes tipos de áreas del edificio descritos a continuación:

Pasillos:

- Configuración del horario de encendido/apagado de cada circuito de iluminación.
- Configuración del umbral del medidor de luz exterior para encendido/apagado según la luz natural.
- Encendido/Apagado manual de cada circuito de iluminación.
- Visualización del estado de cada circuito de iluminación.

Aulas:

- Configuración del umbral de iluminación de cada multisensor de luminosidad y presencia para regulación automática de cada grupo de iluminación.
- Configuración del tiempo de apagado de cada multisensor de luminosidad y presencia.
- Encendido/Apagado manual de cada grupo de iluminación.
- Visualización del estado y nivel de iluminación de cada grupo de iluminación.

Oficinas y talleres:

- Configuración del umbral de iluminación de cada multisensor de luminosidad y presencia para regulación automática de cada grupo de iluminación.
- Configuración del tiempo de apagado de cada multisensor de luminosidad y presencia.
- Encendido/Apagado manual de cada grupo de iluminación.
- Visualización del estado y nivel de iluminación de cada grupo de iluminación.

Servicios higiénicos:

- Configuración del tiempo de apagado de cada detector de movimiento.
- Encendido/Apagado manual de cada circuito de iluminación.
- Visualización del estado de cada circuito de iluminación.

### **4.3. Funcionalidades del sistema de control**

Estudiando el edificio y sus respectivas áreas, se optó en dividirlo en las siguientes secciones, indicando las funcionalidades del sistema de control que se aplicará:

#### **4.3.1. Pasillos**

Son áreas que permiten comunicar los diferentes salones, oficinas, distribuido en las diferentes plantas. Generalmente estas áreas son de pocas afluencias de personas, por lo que se suele optar por la instalación de detectores de movimiento, sin embargo, teniendo en cuenta el horario de clases y la cantidad de alumnos, profesores y personal que suele estar dentro del edificio, se estima que el gasto de instalar detectores de movimiento (tubería, cableado, rotura de techos y paredes, y otros gastos requeridos) no compensa el ahorro de energía que se pueda obtener, ya que se estima que el tiempo de encendido de la iluminación será bastante mayor que el tiempo de apagado de los mismos. Adicional a esto, si se añade que en las áreas de pasillos hay ventanas que permitan la iluminación natural, durante el día siempre se mantendrá apagada la iluminación por lo que no compensa la instalación de detectores de movimiento. No obstante, los controladores a instalar contarán con entradas libres de tensión para conectarse con detectores de movimiento, en caso de que haya áreas que si compense la instalación de detectores de movimiento.

#### Funcionalidades:

- En áreas con ventanas (presencia de luz natural). El encendido/apagado se realizará a través del medidor de luz exterior que se instalará en el techo del edificio y se forzará el apagado a través de un horario que se configurará desde el software de supervisión y control.
- En áreas sin ventanas: El encendido/apagado se realizará a través de un horario que se configurará desde el software de supervisión y control.
- Para ambos casos se instalarán pulsadores para que en cualquier momento se pueda realizar el encendido/apagado de la iluminación, esto especialmente en la noche que lo pueda requerir el vigilante.

**Tabla 2**  
*Pasillos dentro del Edificio*

<u>Planta</u>	<u>Área</u>
<b>Semisótano</b>	pasillo 2 escaleras
<b>Primero</b>	pasillo 2 escaleras
<b>Segundo</b>	pasillo 2 escaleras
<b>Tercero</b>	pasillo 2 escaleras

Fuente: USMP FIA

#### **4.3.2. Aulas**

Se instalarán multisensores de luminosidad y presencia permitiendo cubrir toda el aula completa. Se configurarán los grupos de iluminación según cobertura del multisensor de luminosidad y presencia.

#### **Funcionalidades:**

Se realizará la regulación de la iluminación a través del protocolo DALI, siguiendo las siguientes premisas:

- Al detectar la presencia de los estudiantes/profesor, si el nivel de iluminación medido por el sensor es menor al umbral configurado desde el software de supervisión y control., se encenderá el grupo de iluminación al último nivel que se encontraba antes de apagarse.
- Se regulará el nivel de iluminación según el umbral de iluminación configurado para asegurar la visibilidad del área.
- Si el sensor no detecta movimiento, después de un tiempo configurado desde el Software, se apagará automáticamente el grupo de iluminación, evitando que se quede encendido.
- A través de los pulsadores, se saldrá de la regulación automática, antes explicada y permitirá al estudiante/profesor encender/apagar/regular la iluminación a su gusto, manteniéndose en ese nivel hasta que se apague el grupo de iluminación, manual por el pulsador o automática con el multisensor. En ese caso si se enciende por el multisensor pasará al modo automático.

**Tabla 3**

*Aulas dentro del Edificio:*

Planta	Área
Semisótano	6 Talleres 1 Cuarto de Simuladores
Primero	6 Aulas
Segundo	6 Aulas
Tercero	6 Aulas

Fuente: USMP FIA

#### **4.3.3. Racks**

Son áreas de acceso de personal de la Universidad que serán usados de forma esporádica.

#### **Funcionalidades:**

A través de pulsadores, el personal podrá encender durante un tiempo configurado desde el Software, evitando que se quede el circuito de iluminación encendido. Al pulsar de nuevo, mientras se encuentre encendido el circuito de iluminación, permitirá apagarlo de nuevo.

**Tabla 4**

*Racks dentro del Edificio*

Planta	Área
Semisótano	2 Racks
Primero	6 Racks
Segundo	6 Racks
Tercero	6 Racks

Fuente: USMP FIA

#### **4.3.4. Servicios higiénicos.**

Son áreas esporádicas por lo que se incluirán detectores de movimiento.

#### **Funcionalidades:**

Al detectar movimiento de la persona, se encenderá el circuito de iluminación respectivo. Después de un tiempo configurado desde el software sin detectar

movimiento se apagará automáticamente. A través de pulsadores, se podrá encender/apagar los circuitos de iluminación respectivos.

**Tabla 5**

*SS.HH. dentro del Edificio:*

Planta	Área
Semisótano	SS.HH. Hombres
	SS.HH. Damas
Primero	SS.HH. Hombres
	SS.HH. Damas
Segundo	SS.HH. Hombres
	SS.HH. Damas
Tercero	SS.HH. Hombres
	SS.HH. Damas

Fuente: USMP FIA

#### 4.4. Aplicaciones de estándares, códigos y reglamentos

Para poder mantener los estándares de calidad correspondientes las especificaciones técnicas de los equipos a instalar deberán ser compatibles con cualquiera de los siguientes estándares de calidad.

- ANSI – American National Standards Institute
- ISO/IEC 14908-1:2012 – Tecnología de Información – Protocolo de Red de Control – **Parte 1:** Pila de Protocolo
- ISO/IEC 14908-2:2012 - Tecnología de Información – Protocolo de Red de Control – **Parte 2:** Comunicación Par Trenzado
- IEC 60929 e IEC 62386 – Interfaz de Iluminación Direccional Digitalmente.
- IEEE 802.15.4 estándar de redes inalámbricas
- G.9959 International standard
- ITU-T International Telecommunications Institute
- IEEE 802.3u, IEEE 802.3x, IEEE 802.3z, IEEE 802.3ab, IEEE 802.3ac, IEEE 802.3ad, IEEE 802.3ae: Interface de RED de Datos Ethernet
- IP – Internet Protocol, RFC 1780
- ONVIF Profile S
- PoE IEEE 802.3af, PoE+ IEEE 802.3at

- ITU-T Recommendation T-REC-V.11
- Reglamento Nacional de Construcciones del Perú.
- Manual de Normas INTINTEC – INDECOPI
- Manual de Normas del ACI.
- El suministro e instalación de los materiales y equipos para este proyecto deberá cumplir con las siguientes normas que se indican a continuación:
  - Nacional Electrical Manufactures Asociados (NEMA)
  - Código Nacional de Electricidad (CNE)
  - Normas IEEE.
- Los aspectos de seguridad en la instalación existentes, el sistema de intrusión, además de las pruebas y el mantenimiento de los equipos, debe de considerar:
  - NFPA 101: Código de Seguridad Humana
  - NFPA 72: Código Nacional de Alarmas de Incendios y Señalización
  - También se utiliza para sistemas de notificación masiva, así como para los sistemas de comunicación de alarmas contra incendio y emergencia.

#### **4.5. Especificaciones técnicas de los dispositivos**

Corresponde a los elementos necesarios para cumplir las diferentes funcionalidades descritas en la Memoria Descriptiva. Compuestos por los siguientes componentes: Controladores, periféricos, enlaces de comunicación e interfaces de usuario.

##### **4.5.1. Controladores**

Constará de dispositivos electrónicos de control con una configuración específica, descrita en la memoria descriptiva y tendrán las siguientes características generales:

- Contarán con comunicación nativa ISO/IEC 14908-2
- Se unirán por medio del canal de campo explicado más adelante.
- Se ubicarán dentro de los tableros de control, distribuidos según especificaciones de los planos.

### **a) Controlador 0-10V (ISO/IEC 14908-2)**

Controlador con comunicación LonWorks® que posee tres salidas 0-10 V para la regulación de hasta 3 grupos de iluminación independientes. Además de incluir las siguientes características:

- 2 entradas para pulsadores, para realizar el control manual de la iluminación.
- 2 entradas de multisensor (luminosidad y presencia).
- 3 salidas de relé para realizar el corte físico de cada salida asegurando el apagado de los balastos.

#### Características principales:

- Eléctricas:
  - Alimentación: 85-265 V<sub>AC</sub> y/o 12-24 V<sub>DC</sub>
  - Frecuencia: 50 – 60 Hz.
  - Protección contra sobretensión y sobre corriente
  - Consumo: < 10 W
  - Reloj en Tiempo Real: Para configuración horaria.
- Tipos de entradas:
  - 4 entradas Libre de tensión
  - 2 entradas para multisensor de luminosidad y presencia
- Tipos de Salidas
  - 3 de 0-10 VDC ó 1-10 VDC
  - 3 salidas tipo relé.
- Comunicaciones:
  - Protocolo: ISO/IEC 14908-2
  - Transceiver: FTT-10
- Mecánicas:
  - Montaje en carril DIN 6U
  - Conectores extraíbles para facilidad de sustitución
- Características Ambientales:
  - Temperatura de trabajo: 0 °C – 50 °C
  - Humedad relativa: 0% - 90 % sin condensación.
  - Nivel de protección: IP 20

- Elemento adicional que debe incluir el controlador:
  - Ser conforme o certificado LonMark®.
  - Firmware “.xif”
  - Fichero de formato (en caso de trabajar con variables de red y propiedades de configuración de tipo Usuario)
  - Manual que contenga, como mínimo las siguientes informaciones:
    - Funcionalidades del firmware
    - Variables de red de entrada y salida usadas: Funcionalidad y tipo (SNVT o UNVT)
    - Propiedades de configuración: Funcionalidad y tipo (SCPT o UCPT)

Se instalarán dentro de los respectivos tableros de control, siguiendo los planos respectivos. El controlador se alimentará eléctricamente desde el termomagnético a instalar dentro del tablero de control. Las entradas, bus de comunicación y alimentación eléctrica se cablearán hacia los conectores de tipo tornillo, siguiendo los esquemas de conexión respectivos, a ser realizados por el instalador/integrador/suministrador del sistema de control y automatización.

#### **b) Controlador 7 entradas sin tensión y 4 salidas relé (ISO/IEC 14908-2)**

Son controladores que cuentan con 7 entradas libre de tensión y 4 salidas de tipo relé, que según la programación/configuración que se incorpore permitirá realizar diferentes funciones, descritas a continuación:

- Controlar el encendido/apagado de los diferentes circuitos de iluminación a través de horarios o por presencia desde los detectores de movimiento.
- Capacidad de conectarse con pulsadores, para el control local del circuito de iluminación respectivo.

#### Características Principales:

- Eléctricas:
  - Alimentación: 100 - 240 V<sub>AC</sub> y/o 12 V<sub>DC</sub>
  - Frecuencia: 50 – 60 Hz.
  - Protección contra sobretensión y sobrecorriente

- Consumo: 1 W
- Reloj en tiempo real: Para configuración horaria.
- Tipos de Entradas/Salidas:
  - Entradas: 7 Libre de tensión
  - Salidas: 4x5A @ 250 V<sub>AC</sub>  $\cos\phi = 1$ , AgSnO<sub>2</sub>
- Comunicaciones:
  - Protocolo: ISO/IEC 14908-2
  - Transceiver: FT-X3
- Mecánicas:
  - Montaje en carril DIN 6U
  - Conectores extraíbles para facilidad de sustitución
- Características Ambientales:
  - Temperatura de trabajo: 15 °C – 40 °C
  - Humedad relativa: 0% - 90 % sin condensación.
- Elemento adicional que debe incluir el controlador:
  - Ser conforme o certificado LonMark®.
  - Firmware “.xif”
  - Fichero de formato (en caso de trabajar con variables de red y propiedades de configuración de tipo Usuario)
  - Manual que contenga, como mínimo las siguientes informaciones:
    - Funcionalidades del firmware
    - Variables de red de entrada y salida usadas: Funcionalidad y tipo (SNVT o UNVT)
    - Propiedades de configuración: Funcionalidad y tipo (SCPT o UCPT)

Se instalarán dentro de los respectivos tableros de control, siguiendo los planos respectivos. El controlador se alimentará eléctricamente desde el termomagnético a instalar dentro del tablero de control. Las entradas, salidas, bus de comunicación y alimentación eléctrica se cablearán hacia los conectores de tipo tornillo, siguiendo los esquemas de conexión respectivos, a ser realizados por el instalador/integrador/suministrador del sistema de control y automatización.

#### 4.5.2. Tableros de control

Son tableros distribuidos a lo largo del edificio, según planos respectivos y permitirán albergar los siguientes elementos:

- Controladores, Interfaces de usuarios, enlaces de comunicación accesorios eléctricos, etc. Indicados en los planos.
- Contactores o relés para interconexión entre tablero eléctrico y tablero de control que tengan albergado los controladores.

##### Elementos Incluidos:

- Elementos indicados en los planos.
- Termomagnético.
- Diferencial
- Cable para conectar los controladores, interfaces de usuarios, etc. Y contactores o relés, de manera interna.
- Borneras para la conexión de los cables exteriores hacia dentro del tablero.

##### Características:

- Tipo superficie con posibilidad de sujeción en la pared.
- Dimensiones: Tendrán como mínimo las siguientes dimensiones, (dependiendo de ubicación física y espacio para albergar dichos tableros):

**Tabla 6**

##### *Tableros y dimensiones*

Planta	Tablero	Dimensiones
<b>Sótano</b>	PS_CC1	2 Filas de 24U (Total 48U)
	PS_CC2	2 Filas de 24U (Total 48U)
	PS_CC3	2 Filas de 24U (Total 48U)
	PS_CC4	2 Filas de 24U (Total 48U)
	PS_CC5	2 Filas de 24U (Total 48U)
	PS_CC6	2 Filas de 24U (Total 48U)
	PS_CC7	3 Filas de 24U (Total 72U)
	PS_CC8	2 Filas de 24U (Total 48U)
	PS_CC9	2 Filas de 24U (Total 48U)

Fuente: USMP FIA

**Tabla 7***Tableros y dimensiones*

Planta	Tablero	Dimensiones
<b>Primero</b>	P1_CC1	2 Filas de 24U (Total 48U)
	P1_CC2	2 Filas de 24U (Total 48U)
	P1_CC3	2 Filas de 24U (Total 48U)
	P1_CC4	2 Filas de 24U (Total 48U)
	P1_CC5	2 Filas de 24U (Total 48U)
	P1_CC6	2 Filas de 24U (Total 48U)
	P1_CC7	2 Filas de 24U (Total 48U)
	P1_CC8	2 Filas de 24U (Total 48U)
<b>Segundo</b>	P2_CC1	2 Filas de 24U (Total 48U)
	P2_CC2	2 Filas de 24U (Total 48U)
	P2_CC3	2 Filas de 24U (Total 48U)
	P2_CC4	2 Filas de 24U (Total 48U)
	P2_CC5	2 Filas de 24U (Total 48U)
	P2_CC6	2 Filas de 24U (Total 48U)
	P2_CC7	2 Filas de 24U (Total 48U)
	P2_CC8	2 Filas de 24U (Total 48U)
<b>Tercero</b>	P3_CC1	2 Filas de 24U (Total 48U)
	P3_CC2	2 Filas de 24U (Total 48U)
	P3_CC3	2 Filas de 24U (Total 48U)
	P3_CC4	2 Filas de 24U (Total 48U)
	P3_CC5	2 Filas de 24U (Total 48U)
	P3_CC6	2 Filas de 24U (Total 48U)
	P3_CC7	2 Filas de 24U (Total 48U)
	P3_CC8	2 Filas de 24U (Total 48U)

---

Fuente: USMP FIA

Se deberá realizar un diagrama de conexión, con la ubicación de los elementos incluidos, así como cableado interno entre dichos elementos y cableado exterior para indicar la conexión entre el bornero y el elemento exterior. Se recomienda que el cableado de fuerza se realice en un lado del cuadro y cableado de comunicación o control se realice en el otro lado del cuadro. Deberá llegar cable de alimentación desde el tablero eléctrico más cercano a conectarse dentro del termomagnético y diferencial, así como cable de comunicación, periféricos, etc. En los tableros de control PS\_CC7, P1\_CC7, P2\_CC7, P3\_CC7, deberá llegar cable Ethernet desde el router de comunicación hacia el Servidor Web y Routers FTT-IP

### 4.5.3. Periféricos

Corresponden a los detectores de presencia, multisensores de luminosidad y pulsadores que permitirán controlar los diferentes circuitos de iluminación.

#### a) Sensores de luminosidad y presencia

A ubicarse en las oficinas y aulas, permitiendo obtener las medidas necesarias de luminosidad y presencia para el control de la iluminación de dichas áreas, según memoria descriptiva.

##### Características principales:

- **Eléctricas:**
  - Alimentación: 7 – 28 V<sub>DC</sub>
  - Consumo: 100 mW
- **Luminancia:**
  - Rango: 0 – 400 luxes
  - Resolución: 0,2 Luxes
- **Presencia:**
  - Cobertura: 7 x 5 m a una altura de 2,5 metros
- **Mecánicas:**
  - Instalado en Techo.
- **Características ambientales:**
  - Temperatura de trabajo: 15 °C – 40 °C
  - Humedad relativa: 0% - 90 % sin condensación.

Se instalará en el techo, ya sea empotrado en el techo o a través de registro que permita su colocación. Deberá cablearse, a través de cable FTP, hacia la entrada de los controladores, siguiendo los esquemas de conexión respectivos, a ser realizados por el instalador/integrador/suministrador del sistema de control y automatización.

#### b) Detectores de movimiento

A ubicarse en los servicios higiénicos, para el control de la iluminación de dichas áreas por movimiento, según memoria descriptiva. Serán de tipo Pasivos Infrarrojos.

### Características principales:

- Eléctricas:
  - Alimentación: 9 – 15 V<sub>DC</sub>
  - Consumo: 10,6 mA
- Presencia:
  - Tipo: Pasivos Infrarrojos (PIR)
  - Cobertura: 7 m de diámetro a una altura de 2,5 metros
- Mecánicas:
  - Instalado en techo.
- Características Ambientales:
  - Temperatura de trabajo: 15 °C – 40 °C
  - Humedad relativa: 0% - 90 % sin condensación.

Se instalará en el techo, ya sea empotrado en el techo o a través de registro que permita su colocación. Deberá cablearse, a través de cable FTP, hacia la entrada de los controladores, siguiendo los esquemas de conexión respectivos, a ser realizados por el instalador/integrador/suministrador del sistema de control y automatización.

### **c) Pulsadores eléctricos**

Estarán encargados de Encender/apagar/regular los circuitos de iluminación de forma manual. Deberán ser conectados con los controladores.

### Características principales:

- Eléctricas:
  - Alimentación: Determinado por el propio controlador
- Mecánicas:
  - Instalado en pared
  - Estética: Será determinado entre el contratista y la universidad
- Características ambientales:
  - Temperatura de Trabajo: 15 °C – 40 °C
  - Humedad relativa: 0% - 90 % sin condensación.

Se instalará en la pared de la sala de lectura y recepción, ya sea a través de tornillos o a través de registros que permita su colocación. Se deberá cablear hacia el tablero de control más cercano, según planos. Se cableará hacia las entradas de los controladores, siguiendo los esquemas de conexión respectivos, a ser realizados por el instalador/integrador/suministrador del sistema de control y automatización.

**d) Protecciones de carga eléctrica para controladores.**

Son elementos que aumentan la capacidad de conmutación, evitando dañar la salida de los controladores. A través de las protecciones de carga eléctrica se minimiza el arco de sobretensión al conmutar la bobina. El contactor incluye un selector de modo automático (activado desde el controlador) y modo manual (fuerza el encendido/apagado en caso necesario).

Características principales:

• Eléctricas:

- Alimentación: 220 V<sub>AC</sub>
- Frecuencia: 50 – 60 Hz.
- Corriente en contacto: 25 A
- Capacidad de conexión de cable: 2 – 25 mm<sup>2</sup>
- Norma internacional: IEC61095
- Tipo de contactos: 2 Normalmente abierto

• Mecánicas:

- Montaje en carril DIN
- Actuaciones mecánicas: Mínimo 200.000

• Características ambientales:

- Temperatura de trabajo: 15 °C – 40 °C
- Humedad relativa: 0% - 90 % sin condensación.

Se instalarán dentro de los respectivos tableros de control, siguiendo los planos respectivos. Se conectará entre la salida del controlador y alimentación eléctrica del controlador, permitiendo conmutar su bobina. En la bobina deberá conectarse la protección de carga eléctrica. Se cableará hacia los conectores de tipo tornillo, siguiendo los esquemas de conexión respectivos, a ser

realizados por el instalador/integrador/suministrador del sistema de control y automatización.

#### **4.5.4. Enlaces de comunicación**

Corresponde a los componentes que permiten la comunicación entre los equipos de control. Tendrán las siguientes características:

- Contarán con comunicación nativa ISO/IEC 14908-2
- Se unirán por medio del canal de campo.
- Se ubicarán dentro de los tableros de control o en la pared, distribuidos según especificaciones de los planos.

#### **e) Router de comunicación (ISO/IEC 14908-2) e IP (ISO/IEC 14908-4)**

Permitirá enlazar los controladores de las diferentes plantas a través de la red IP, evitando el cableado entre las diferentes plantas.

##### Características principales:

- Eléctricas:
  - Alimentación: 100 - 240 V<sub>AC</sub>
  - Frecuencia: 50 – 60 Hz.
  - Protección contra sobretensión y sobrecorriente
  - Consumo: 15 W
- Comunicaciones:
  - Protocolo: ISO/IEC 14908-2
  - Transceiver: FTT-10
  - Protocolo: ISO/IEC 14908-4
  - Conector: 1 Puerto Ethernet 10/100 Base T, RJ-45
- Mecánicas:
  - Montaje en carril DIN 9U
- Características ambientales:
  - Temperatura de trabajo: 15 °C – 40 °C
  - Humedad relativa: 0% - 90 % sin condensación.
- Elemento adicional que debe incluir el controlador:
  - Ser conforme o certificado LonMark®.
  - Firmware “.xif”

- Fichero de formato (en caso de trabajar con variables de red y propiedades de configuración de tipo Usuario)
- Manual que contenga, como mínimo las siguientes informaciones:
  - Funcionalidades del firmware
  - Variables de red de entrada y salida usadas: Funcionalidad y tipo (SNVT o UNVT)
  - Propiedades de configuración: Funcionalidad y tipo (SCPT o UCPT)

Se instalará dentro del tablero de control 01, siguiendo los planos respectivos. El controlador se alimentará eléctricamente desde el termomagnético a instalar dentro del tablero de control. El servidor requiere una conexión de red Ethernet para acceder a la página Web a incluir dentro del mismo. Las entradas, salidas, bus de comunicación y alimentación eléctrica se cablearán hacia los conectores de tipo tornillo, siguiendo los esquemas de conexión respectivos, a ser realizados por el instalador/integrador/suministrador del sistema de control y automatización.

#### **f) Cable de comunicación (ISO/IEC 14908-2)**

Cable utilizado para la comunicación y telealimentación a 12 V<sub>DC</sub> del sistema de control y automatización.

##### Características principales:

- Conductores:
  - Alimentación: 2x1 mm<sup>2</sup> Cobre flexible Clase V Pu
  - Comunicación: 2x0,22 mm<sup>2</sup> trenzado Cobre Flexible 7x0,22 Sn
  - Reserva: 2x0,22 mm<sup>2</sup> trenzado Cobre Flexible 7x0,22 Sn
- Libre de halógenos
- No propagador de la llama (retardante a la llama)
- Material de aislamiento: Poliolefina.
- Cubierta exterior: Termoplástica

Se instalarán por las canaletas de comunicación que pasa por todo el edificio.  
En Topología Libre conectar un máximo de 450 metros de cable.

#### **g) Cable de comunicación 0-10 V**

Cables utilizados para la comunicación entre controlador y las luminarias por 0-10 V.

##### Características principales:

- Conductores:
  - Comunicación: 2x18 AWG
  - Flexible
- Material de aislamiento: Poliolefina.
- Cubierta exterior: Termoplástica

Se instalarán por las canaletas de comunicación o eléctricas

#### **h) Cable FTP**

Cable utilizado para la conexión de los sensores de luminosidad y presencia, así como pulsadores, hacia los controladores.

##### Características principales:

- Conductores:
  - Comunicación: 3 pares 24/26 AWG
  - Material: Cobre trenzado
- Apantallado por aluminio laminado
- Cubierta exterior: Termoplástica libre de halógenos retardante a la llama

Unidad de Medición: por metros de cable, siendo necesario totalizarse por rollos de cable. Se instalarán por las canaletas de comunicación que pasa por todo el edificio, conectando los periféricos y los controladores siguiendo los planos y diagramas de conexiones.

#### **i) Terminación de red para ISO/IEC 14908-2**

Pensado para la protección de la red de comunicación del sistema de control.

##### Características principales:

- Eléctricas:

- Pico máximo de potencia: 600 W
- Impedancia: 100 Ohmios (2 en paralelo para topología libre) o 50 Ohmios (1 para topología libre)
- Características ambientales:
  - Temperatura de trabajo: 15 °C – 40 °C
  - Humedad relativa: 0% - 90 % sin condensación.

Se instalarán dentro de los respectivos tableros de control, siguiendo los planos respectivos. Si la impedancia es de 100 Ohmios, se instalarán 2 en paralelo en el cable de comunicación ISO/IEC 14908-2. Si la impedancia es de 50 Ohmios, se instalará uno en el cable de comunicación ISO/IEC 14908-2. Preferiblemente instalarlo en uno de los conectores de comunicación de uno de los controladores para facilidad de ubicación.

#### **j) Fuente de poder de 12 VDC**

Suministro de alimentación para los controladores, interfaces y accesorios que requieran alimentación únicamente de 12 V<sub>DC</sub> y no pueden alimentarse a 220 V<sub>AC</sub>

##### Características principales:

- Eléctricas:
  - Alimentación: 100 - 240 V<sub>AC</sub>
  - Frecuencia: 50 – 60 Hz.
  - Rango de tensión de salida: 13,5 – 16,5 V<sub>DC</sub>
  - Potencia suministrada: Las necesarias para alimentar los elementos de 12 V<sub>DC</sub>
- Mecánicas:
  - Montaje en carril DIN
- Características ambientales:
  - Temperatura de trabajo: 15 °C – 40 °C
  - Humedad relativa: 0% - 90 % sin condensación.

Se instalarán dentro de los respectivos tableros de control, siguiendo los planos respectivos.

El controlador se alimentará eléctricamente desde el termomagnético a instalar dentro del tablero de control.

Se conectará al par de 1 mm<sup>2</sup> del cable de comunicación ISO/IEC 14908-2 para evitar lanzar otro cable para la alimentación de los equipos de 12 V<sub>DC</sub>.

#### **4.5.5. Interfaces de usuario**

Constará de dispositivos electrónicos que trabajarán como interfaces para el usuario con una configuración específica, descrita en la memoria descriptiva y tendrán las siguientes características generales:

- Contarán con comunicación nativa ISO/IEC 14908-2
- Se unirán por medio del canal de campo explicado más adelante.
- Se ubicarán dentro de los tableros de control, distribuidos según especificaciones de los planos.

#### **4.5.6. Servidor web avanzado (ISO/IEC 14908-2)**

Es un servidor donde albergará la página web para el control del sistema de control y automatización por parte de los usuarios desde una Tablet, computadora, etc. según descrito en la memoria descriptiva. La gestión que se realizará se indica a continuación:

- Planos de ubicación de cada una de las áreas a controlar.
- Encendido/Apagado/Regulación de los respectivos circuitos de iluminación.

#### Características principales:

- Eléctricas:
  - Alimentación: 100 - 240 V<sub>AC</sub>
  - Frecuencia: 50 – 60 Hz.
  - Protección contra sobretensión y sobrecorriente
  - Consumo: 15 W
  - Reloj en tiempo real: Para configuración horaria.
- Tipos de Entradas:
  - Entradas: 2 Optoaisladas (30 V<sub>AC</sub>/V<sub>DC</sub>)
  - Salidas: Relé 240 V<sub>AC</sub> @ 10 A ó 24 V<sub>DC</sub> @ 10 A
- Comunicaciones:
  - Protocolo: ISO/IEC 14908-2

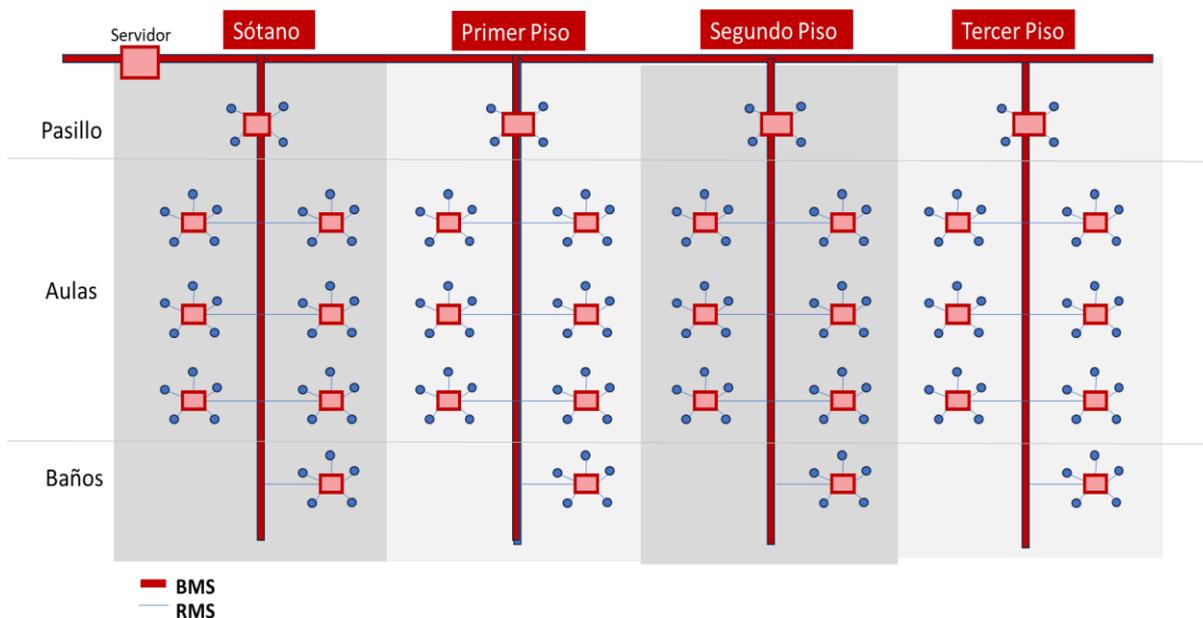
- Transceiver: FTT-10
- Protocolo Internet: TCP, PPP, NAT, SMTP, DHCP, FTP, DNS, MD5 y HTTP.
- Conector: 1 Puerto Ethernet 10/100 Base T, RJ-45
- RS-485: ModBUS/RTU
- Interface de servicios web: SOAP/XML
- Mecánicas:
  - Montaje en carril DIN 9U
- Características ambientales:
  - Temperatura de trabajo: 15 °C – 40 °C
  - Humedad relativa: 0% - 90 % sin condensación.
- Elemento adicional que debe incluir el controlador:
  - Ser conforme o certificado LonMark®.
  - Firmware “.xif”
  - Fichero de formato (en caso de trabajar con variables de red y propiedades de configuración de tipo Usuario)
  - Manual que contenga, como mínimo las siguientes informaciones:
    - Funcionalidades del firmware
    - Variables de red de entrada y salida usadas: Funcionalidad y tipo (SNVT o UNVT)
    - Propiedades de configuración: Funcionalidad y tipo (SCPT ó UCPT)

Se instalará dentro del tablero de control 01, siguiendo los planos respectivos. El controlador se alimentará eléctricamente desde el termo magnético a instalar dentro del tablero de control. El servidor requiere una conexión de red Ethernet para acceder a la página Web a incluir dentro del mismo. Las entradas, salidas, bus de comunicación y alimentación eléctrica se cablearán hacia los conectores de tipo tornillo, siguiendo los esquemas de conexión respectivos, a ser realizados por el instalador/integrador/suministrador del sistema de control y automatización.

#### 4.6. Relación de los dispositivos propuestos por planta y ambiente

**Figura 10**

*Esquema de la distribución de los equipos propuestos por planta y ambiente*



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 8**

*Lista de dispositivos por ambiente*

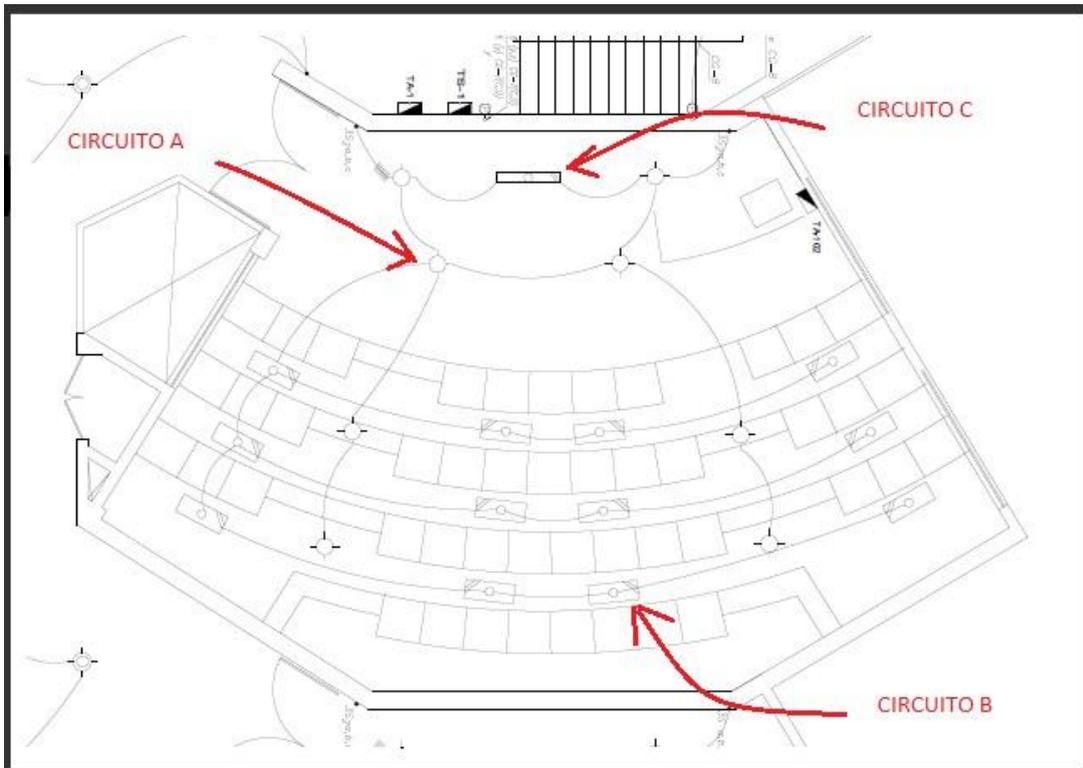
Código	Resumen	Cant
INS-360F/U	Nodo Regulador 6 Entradas - 3 Salidas 0-10 V	66.00
ISM-100-LP	Sensor de Luminosidad y Presencia	114.00
INS-461-F	Nodo de Control 6ED/1ESA/4SR	16.00
ICONT230-2252NO	Contactador 230 VAC, 25A, 2 NO	40.00
IPC-100	Protección de Cargas Eléctricas	40.00
IR-IP-FTT	Nodo servidor Web avanzado con ISO/IEC-4908-4	1.00
IWLON-440-F	Nodo servidor Web avanzado con ISO/IEC-4908-4	1.00
CTR-110	Terminación de Red	8.00
ITAB_CTR_48U	Tablero de Control 48U, incluye borneros, elementos eléctricos y montaje	32.00
ITAB_CTR_72U	Tablero de Control 72U, incluye borneros, elementos eléctricos y montaje	1.00
ENLACE DE COMUNICACIÓN		
ICB-24-LH	Cable de Bus Libre de Halógenos 100 m	9.00
ICB-2X1.5	Cable 2x1,5 mm <sup>2</sup> para 0-10 V	12.00
ICB-FTP	Cable FTP Cat. 6e	9.00
ISW-070	Página Web	1.00
IPSC-010	Plataforma de Control y Supervisión	1.00
ISCC-70A	Software de Control y Supervisión	1.00

Fuente: Elaboración propia

#### 4.7. Estado actual de las luminarias en el pabellón

El pabellón de especialidades consta de 18 aulas de idéntica distribución y que utilizan el mismo tipo de luminarias. A continuación, detallamos como se distribuye el diagrama eléctrico. En cada aula tenemos 3 circuitos de luminarias como se puede apreciar en la figura, los cuales llamaremos circuito A, circuito B y circuito C.

**Figura 11**  
*Luminarias del pabellón de Especialidades*



Fuente: Elaboración Propia

**a) Circuito A:** Luminarias que se encuentran en lo alto del pasillo (entre las carpetas)

Cantidad de luminarias: 8

Cantidad de lámparas en luminaria: 2

Potencia nominal de la lámpara: 18 W

**Figura 12**

*Tipo de luminarias en el circuito A*



Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 9**

*Datos eléctricos del circuito*

<b>Datos eléctricos</b>	
Potencia nominal	18.00 W
Potencia nominal	18.00 W
<b>Datos Fotométricos</b>	
Flujo luminoso nominal	1200 lm
Tono de luz (denominación)	LUMILUX Cool White
Flujo luminoso a 25 °C	1200 lm
Flujo luminoso	1200 lm
Temperatura de color	4000 K
Índice de reproducción cromática Ra	80...89
Factor manten. lumen lámpara 2.000 h	0.85
Factor manten. lumen lámpara 4.000 h	0.78
Factor manten. lumen lámpara 6.000 h	0.76
Factor manten. lumen lámpara 8.000 h	0.75

Fuente: Elaboración propia

**b) Circuito B:** Luminarias que se encuentran en lo alto de las mesas de trabajo

Cantidad de luminarias: 12

Cantidad de lámparas en luminaria: 2

Potencia nominal de la lámpara: 40 W

**Figura 13**

*Tipo de luminarias en el circuito B*



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 10**

*Datos eléctricos del circuito B*

Datos eléctricos	
Potencia nominal	40.00 W
Potencia nominal	40.00 W
Datos Fotométricos	
Flujo luminoso nominal	3500 lm
Tono de luz (denominación)	LUMILUX Cool White
Flujo luminoso a 25 °C	3500 lm
Flujo luminoso	3500 lm
Temperatura de color	4000 K
Índice de reproducción cromática Ra	80...89
Factor manten. lumen lámpara 4.000 h	0.90
Factor manten. lumen lámpara 6.000 h	0.88
Factor manten. lumen lámpara 8.000 h	0.85
Factor manten. lumen lámpara 12.000 h	0.84
Factor manten. lumen lámpara 16.000 h	0.81
Factor manten. lumen lámpara 20.000 h	0.80
Luminancia	2.3 cd/cm <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia

**c) Circuito C:** Luminarias que se encuentran en lo alto del pasillo (frente a la pizarra)

Cantidad de luminarias: 2

Cantidad de lámparas en luminaria: 1

Potencia nominal de la lámpara: 36 W

**Figura 14**

*Tipo de luminarias en el circuito C*



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 11**

*Datos eléctricos del circuito C*

Electrical data	
Nominal wattage	36.00 W
Rated wattage	36.00 W
Photometrical data	
Nominal luminous flux	2900 lm
Light color (designation)	LUMILUX Cool White
Luminous flux at	2900 lm
Rated luminous flux	2900 lm
Rated color temperature	4000 K
Color rendering index Ra	80...89
Rated LLMF at 4,000 h	0.90
Rated LLMF at 6,000 h	0.88
Rated LLMF at 8,000 h	0.85
Rated LLMF at 12,000 h	0.84
Rated LLMF at 16,000 h	0.81
Rated LLMF at 20,000 h	0.80
Luminance	2.8 cd/cm <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia

**4.8. Tiempo de uso estimado de los ambientes del pabellón de Especialidades según la programación de clases durante los semestres 2017-II y 2018-I**

**Tabla 12**

*Tiempo total programado por aula en horas (Semestre 2017-II)*

<b>Tiempo total de programación diaria de cada aula en horas (Semestre 2017-II)</b>							
	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes	Sabado	Domingo
Aula 101	5.5	11.25	10.25	10.75	10.25	10.25	6.25
Aula 102	11.25	10.75	9.25	8.5	7.25	8.75	6.25
Aula 103	8.5	10.25	7.5	6.5	6.25	8.75	6.25
Aula 104	7.5	7.75	5.5	0	4.25	8.75	6.25
Aula 105	9.5	0	9.5	5.25	7.5	9.75	0
Aula 106	8.25	4.5	7.25	3.75	3.25	7.25	0
Aula 201	3.25	10.75	9.75	4.75	3.25	7.25	6.25
Aula 202	7.75	10.75	9.75	4.75	0	4.5	6.25
Aula 203	4.75	4.5	4.25	0	1.75	4.75	6.25
Aula 204	0	0	7.75	3.75	5.75	7.75	6.25
Aula 205	0	3.75	4.75	5.75	3.75	1.75	0
Aula 206	6.75	1.75	0	4.25	2.75	2.25	0
Aula 301	4.25	3.75	5.75	2.5	0	0	0
Aula 302	4.25	2.75	0	2.75	2.5	1.75	0
Aula 303	4.25	0	0	2.25	1.75	5.75	0
Aula 304	4.25	2.75	3.75	1.75	1.5	5.75	0
Aula 305	0	2.25	3.5	5.5	1.75	0	0
Aula 306	0	2.25	2.5	5.5	1.75	1.25	0

Fuente: Registros académicos por día del pabellón de Especialidades de la USMP

**Tabla 13**

*Tiempo total programado por aula en horas (Semestre 2018-I)*

<b>Tiempo total de programación diaria de cada aula en horas (Semestre 2018-I)</b>							
	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes	Sabado	Domingo
Aula 101	9	5.5	7	9.5	10.25	9.25	4.75
Aula 102	8	5.75	8.5	8.5	7.25	8.75	4.75
Aula 103	6.5	7.75	7.5	6.5	6.25	8.75	4.75
Aula 104	7	7.75	7	0	4.25	8.75	4.75
Aula 105	6.5	0	5	3.75	7.5	9.75	0
Aula 106	5.5	4.5	7.25	3.75	3.25	7.25	0
Aula 201	5.75	3.75	2.25	4.75	3.25	7.25	0
Aula 202	5.75	3.75	2.25	4.75	0	4.5	0
Aula 203	4.75	4.5	4.5	0	1.75	4.5	0
Aula 204	7.5	3.75	7.75	3.75	5.75	7.5	0
Aula 205	0	3.5	4.75	5.75	5.75	1.75	0
Aula 206	2.25	1.75	0	4.25	2.75	2.25	0
Aula 301	7.25	3.5	5.75	2.5	0	1.5	0
Aula 302	7.75	2.75	0	2.75	2.25	1.5	0
Aula 303	4.25	1.75	0	2.25	1.5	5.75	0
Aula 304	4.25	2.75	3.5	1.75	1.5	5.75	0
Aula 305	4.25	2.25	3.5	1.5	1.75	3.5	0
Aula 306	5.5	2.25	2.5	1.5	1.75	0	0

Fuente: Registros académicos por día del pabellón de Especialidades de la USMP

Los años 2017 y 2018 se pudo entrevistar al personal que se encarga de controlar los accesos a las aulas y oficinas del pabellón y nos dieron la lista de programación de las clases en cada aula. Las tablas anteriores mostraron el tiempo total que cada aula es programada para el dictado de clases durante la semana en dicho semestre. Para los ambientes del sótano no se pudo conseguir un registro detallado del horario de uso de las oficinas por ser estas de uso independiente de los docentes y grupos de investigación, pero se asignó un promedio de uso de 5 horas diarias en cada día del mes. Notar que este tiempo considera cero horas de uso los domingos y feriados.

#### **Tabla 14**

*Resumen consumo promedio aulas por piso - pabellón de Especialidades*

	Aulas	Semestre 2017-II		Semestre 2018-I	
		Uso promedio en horas a la semana	Tiempo promedio de uso diario de todas las aulas por piso en horas	Uso promedio en horas a la semana	Tiempo promedio de uso diario de todas las aulas por piso en horas
PISO 1	Aula 101	9.21	7.05	7.89	6.15
	Aula 102	8.86		7.36	
	Aula 103	7.71		6.86	
	Aula 104	5.71		5.64	
	Aula 105	5.93		4.64	
	Aula 106	4.89		4.50	
PISO 2	Aula 201	6.46	4.30	3.86	3.30
	Aula 202	6.25		3.00	
	Aula 203	3.75		2.86	
	Aula 204	4.46		5.14	
	Aula 205	2.33		3.07	
	Aula 206	2.54		1.89	
PISO 3	Aula 301	2.32	2.15	2.93	2.45
	Aula 302	2.00		2.43	
	Aula 303	2.00		2.21	
	Aula 304	2.82		2.79	
	Aula 305	1.86		2.39	
	Aula 306	1.89		1.93	
SOTANO	OFICINAS Y TALLERES	5.00	5.00	5.00	5.00
	CUARTO SIMULADORES	5.00		5.00	
	OFICINA ING CIVIL	5.00		5.00	
	OFICINA INNOVACION	5.00		5.00	

Fuente: Elaboración propia

#### 4.9. Detalle del consumo estimado en kWh de cada piso del pabellón de especialidades según la programación de clases del semestre 2017-II y 2018-I

**Tabla 15**

*Consumo estimado del sótano del pabellón de Especialidades 2017-II*

2017-II		# POR PISO	CIRCUITO	# DE LUMINARIAS	# DE LAMPARAS X LUMINARIA	POTENCIA NOMINAL X LAMPARA (W)	CONSUMO TOTAL NOMINAL (W)		HRS X DIA	CONSUMO X DIA (KWh)	CONSUMO X MES (KWh)	CONSUMO X MES EN TODO EL PISO (KWh)
<b>SOTANO</b>	OFICINAS Y TALLERES	5	A	15	3	18	810		5	4.050	121.50	607.50
	CUARTO SIMULADORES	1	A	2	3	18	108	324	5	1.620	48.60	48.60
			B	4	3	18	216					
	OFICINA ING CIVIL	1	A	10	3	18	540		5	2.700	81.00	81.00
	OFICINA INNOVACION	1	A	7	3	18	378		5	1.890	56.70	56.70
	BAÑOS	2	A	1	2	18	36	356	10	3.560	106.80	213.60
			B	2	4	40	320					
	CORREDOR Y HALL	1	A	11	1	23	253	575	8	4.600	138.00	138.00
			B	9	1	23	207					
C			5	1	23	115						
ESCALERAS	2	A	1	2	26	52		8	0.416	12.48	24.96	
RACKS	6	A	1	1	40	40		0.75	0.030	0.9	5.40	
<b>TOTAL</b>											<b>1175.76</b>	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 16**

*Consumo estimado del 1er. piso del pabellón de Especialidades 2017-II*

2017-II		# POR PISO	CIRCUITO	# DE LUMINARIAS	# DE LAMPARAS X LUMINARIA	POTENCIA NOMINAL X LAMPARA (W)	CONSUMO TOTAL NOMINAL (W)		HRS X DIA	CONSUMO X DIA (KWh)	CONSUMO X MES (KWh)	CONSUMO X MES EN TODO EL PISO (KWh)
<b>PISO 1</b>	AULAS	6	A	8	2	18	288	1320	7.05	9.306	279.18	1675.08
			B	12	2	40	960					
			C	2	1	36	72					
	BAÑOS	2	A	1	2	18	36	356	10	3.560	106.80	213.60
			B	2	4	40	320					
	CORREDOR Y HALL	1	A	11	1	23	253	621	6	3.726	111.78	111.78
			B	11	1	23	253					
			C	5	1	23	115					
	ESCALERAS	2	A	1	2	26	52		6	0.312	9.36	18.72
RACKS	6	A	1	1	40	40		0.75	0.030	0.9	5.40	
<b>TOTAL</b>											<b>2024.58</b>	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 17**

*Consumo estimado del 2do. piso del pabellón de Especialidades 2017-II*

2017-II		# POR PISO	CIRCUITO	# DE LUMINARIAS	# DE LAMPARAS X LUMINARIA	POTENCIA NOMINAL X LAMPARA (W)	CONSUMO TOTAL NOMINAL (W)		HRS X DIA	CONSUMO X DIA (KWh)	CONSUMO X MES (KWh)	CONSUMO X MES EN TODO EL PISO (KWh)
PISO 2	AULAS	6	A	8	2	18	288	1320	4.3	5.676	170.28	1021.68
			B	12	2	40	960					
			C	2	1	36	72					
	BAÑOS	2	A	1	2	18	36	356	10	3.560	106.80	213.60
			B	2	4	40	320					
	CORREDOR Y HALL	1	A	11	1	23	253	621	6	3.726	111.78	111.78
			B	11	1	23	253					
			C	5	1	23	115					
	ESCALERAS	2	A	1	2	26	52	6	0.312	9.36	18.72	
	RACKS	6	A	1	1	40	40	0.75	0.030	0.9	5.40	
<b>TOTAL</b>											<b>1371.18</b>	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 18**

*Consumo estimado del 3er. piso del pabellón de Especialidades 2017-II*

2017-II		# POR PISO	CIRCUITO	# DE LUMINARIAS	# DE LAMPARAS X LUMINARIA	POTENCIA NOMINAL X LAMPARA (W)	CONSUMO TOTAL NOMINAL (W)		HRS X DIA	CONSUMO X DIA (KWh)	CONSUMO X MES (KWh)	CONSUMO X MES EN TODO EL PISO (KWh)
PISO 3	AULAS	6	A	8	2	18	288	1320	2.15	2.838	85.14	510.84
			B	12	2	40	960					
			C	2	1	36	72					
	BAÑOS	2	A	1	2	18	36	356	8	2.848	85.44	170.88
			B	2	4	40	320					
	CORREDOR Y HALL	1	A	11	1	23	253	621	6	3.726	111.78	111.78
			B	11	1	23	253					
			C	5	1	23	115					
	ESCALERAS	2	A	1	2	26	52	6	0.312	9.36	18.72	
	RACKS	6	A	1	1	40	40	0.75	0.030	0.9	5.40	
<b>TOTAL</b>											<b>817.62</b>	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 19***Consumo estimado del sótano del pabellón de Especialidades 2018-I*

2018-I		# POR PISO	CIRCUITO	# DE LUMINARIAS	# DE LAMPARAS X LUMINARIA	POTENCIA NOMINAL X LAMPARA (W)	CONSUMO TOTAL NOMINAL (W)		HRS X DIA	CONSUMO X DIA (KWh)	CONSUMO X MES (KWh)	CONSUMO X MES EN TODO EL PISO (KWh)
<b>SOTANO</b>	OFICINAS Y TALLERES	5	A	15	3	18	810		5	4.050	121.50	607.50
	CUARTO SIMULADORES	1	A	2	3	18	108	324	5	1.620	48.60	48.60
			B	4	3	18	216					
	OFICINA ING CIVIL	1	A	10	3	18	540		5	2.700	81.00	81.00
	OFICINA INNOVACION	1	A	7	3	18	378		5	1.890	56.70	56.70
	BAÑOS	2	A	1	2	18	36	356	10	3.560	106.80	213.60
			B	2	4	40	320					
	CORREDOR Y HALL	1	A	11	1	23	253	575	8	4.600	138.00	138.00
			B	9	1	23	207					
C			5	1	23	115						
ESCALERAS	2	A	1	2	26	52		8	0.416	12.48	24.96	
RACKS	6	A	1	1	40	40		0.75	0.030	0.9	5.40	
<b>TOTAL</b>											<b>1175.76</b>	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 20***Consumo estimado del 1er. piso del pabellón de Especialidades 2018-I*

2018-I		# POR PISO	CIRCUITO	# DE LUMINARIAS	# DE LAMPARAS X LUMINARIA	POTENCIA NOMINAL X LAMPARA (W)	CONSUMO TOTAL NOMINAL (W)		HRS X DIA	CONSUMO X DIA (KWh)	CONSUMO X MES (KWh)	CONSUMO X MES EN TODO EL PISO (KWh)
<b>PISO 1</b>	AULAS	6	A	8	2	18	288	1320	6.15	8.118	243.54	1461.24
			B	12	2	40	960					
			C	2	1	36	72					
	BAÑOS	2	A	1	2	18	36	356	10	3.560	106.80	213.60
			B	2	4	40	320					
	CORREDOR Y HALL	1	A	11	1	23	253	621	6	3.726	111.78	111.78
			B	11	1	23	253					
			C	5	1	23	115					
	ESCALERAS	2	A	1	2	26	52		6	0.312	9.36	18.72
RACKS	6	A	1	1	40	40		0.75	0.030	0.9	5.40	
<b>TOTAL</b>											<b>1810.74</b>	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 21**

Consumo estimado del 2do. piso del pabellón de Especialidades 2018-I

2018-I		# POR PISO	CIRCUITO	# DE LUMINARIAS	# DE LAMPARAS X LUMINARIA	POTENCIA NOMINAL X LAMPARA (W)	CONSUMO TOTAL NOMINAL (W)		HRS X DIA	CONSUMO X DIA (KWh)	CONSUMO X MES (KWh)	CONSUMO X MES EN TODO EL PISO (KWh)
PISO 2	AULAS	6	A	8	2	18	288	1320	3.3	4.356	130.68	784.08
			B	12	2	40	960					
			C	2	1	36	72					
	BAÑOS	2	A	1	2	18	36	356	10	3.560	106.80	213.60
			B	2	4	40	320					
	CORREDOR Y HALL	1	A	11	1	23	253	621	6	3.726	111.78	111.78
			B	11	1	23	253					
			C	5	1	23	115					
	ESCALERAS	2	A	1	2	26	52	6	0.312	9.36	18.72	
	RACKS	6	A	1	1	40	40	0.75	0.030	0.9	5.40	
<b>TOTAL</b>											<b>1133.58</b>	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 22**

Consumo estimado del 3er. piso del pabellón de Especialidades 2018-I

2018-I		# POR PISO	CIRCUITO	# DE LUMINARIAS	# DE LAMPARAS X LUMINARIA	POTENCIA NOMINAL X LAMPARA (W)	CONSUMO TOTAL NOMINAL (W)		HRS X DIA	CONSUMO X DIA (KWh)	CONSUMO X MES (KWh)	CONSUMO X MES EN TODO EL PISO (KWh)
PISO 3	AULAS	6	A	8	2	18	288	1320	2.45	3.234	97.02	582.12
			B	12	2	40	960					
			C	2	1	36	72					
	BAÑOS	2	A	1	2	18	36	356	8	2.848	85.44	170.88
			B	2	4	40	320					
	CORREDOR Y HALL	1	A	11	1	23	253	621	6	3.726	111.78	111.78
			B	11	1	23	253					
			C	5	1	23	115					
	ESCALERAS	2	A	1	2	26	52	6	0.312	9.36	18.72	
	RACKS	6	A	1	1	40	40	0.75	0.030	0.9	5.40	
<b>TOTAL</b>											<b>888.90</b>	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 23***Resumen del consumo mensual estimado en ambos semestres en kWh*

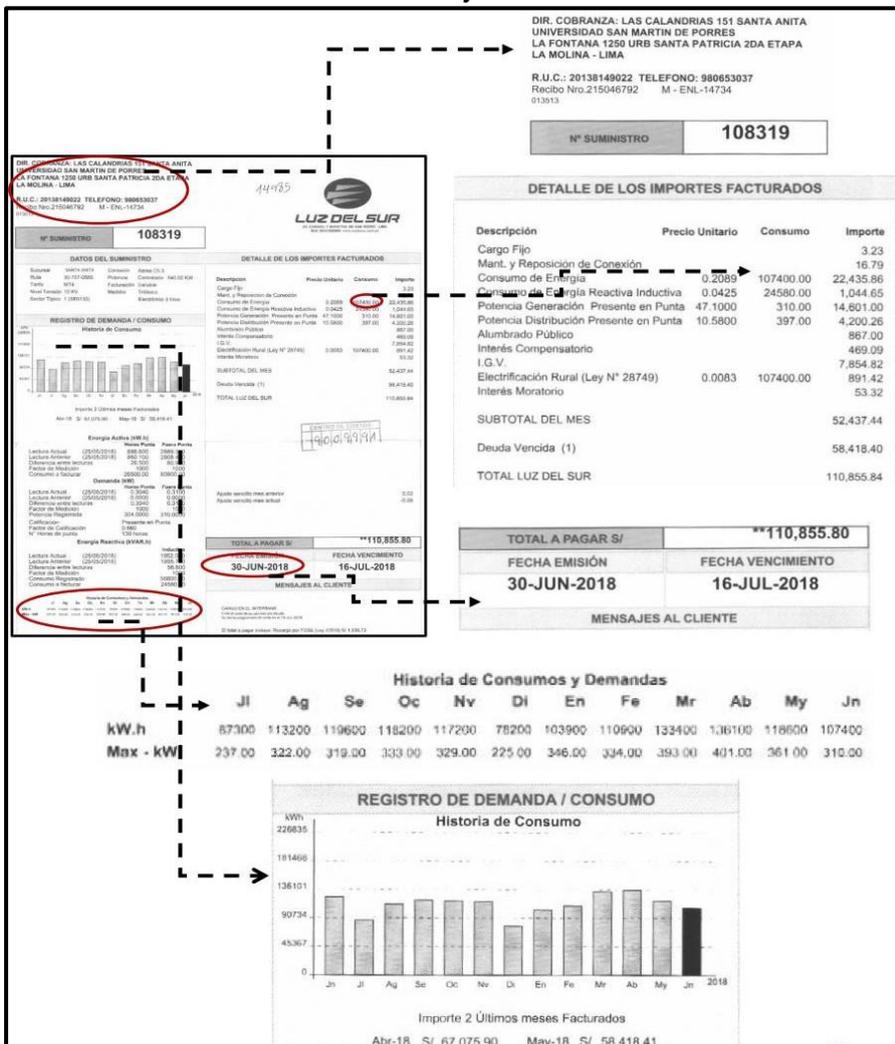
<b>Resumen del consumo estimado en kWh en ambos semestres</b>		
	<b>Semestre 2017-II</b>	<b>Semestre 2018-I</b>
Piso 1	2024.58	1810.74
Piso 2	1371.18	1133.58
Piso 3	817.62	888.90
Sotano	1175.76	1175.76
TOTAL	5389.14	5008.98
<b>Promedio de ambos periodos</b>	<b>5199.06</b>	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior se puede observar cuál debería ser el consumo aproximado máximo en iluminación en el pabellón de Especialidades de la USMP, durante los meses que se cursaron los semestres 2017-II y 2018-I. Este valor de consumo de energía de 5,199.06 kWh podría darse si se mantuvieran encendidas las luces de todos los recintos programados del pabellón de Especialidades, pero sabemos que esto no necesariamente es cierto, pues hay aulas bien iluminadas durante el día y depende del criterio del docente o los alumnos el encender o apagar las luces. Muchas veces se requiere apagar las luces cuando se usa el proyector en las exposiciones. Por otro lado, para hallar el valor de 5,199.06 kWh, se consideran los 30 días del mes, pero sabemos que hay feriados o clases que eventualmente se cancelan o terminan antes de la hora. Por tal motivo, podemos afirmar que un consumo mayor a este valor debería darse en un escenario de muy mal uso de los recursos, en el que se dejan las luces encendidas sin mayor cuidado. Adicionalmente a lo expuesto líneas arriba, sabemos que un día de programación de clases dura aproximadamente 16 horas, desde las 7:00 hasta las 23:00 horas. Y que la luz natural dura aproximadamente hasta las 18:00 horas. Por lo que, considerando que en la propuesta de solución se incluyen sensores de luminosidad que se pueden programar para que las lámparas funcionen solo cuando haya oscuridad, entonces el consumo mensual debería ser aproximadamente un tercio del valor calculado, esto es 1,733 kWh.

Ahora, se van a analizar los consumos reales en dichas fechas, haciendo uso de los recibos reales de Luz del Sur que se cobraron al campus de la universidad, como se puede apreciar en las imágenes. Para realizar nuestro estudio conseguimos los recibos de junio, julio, agosto y setiembre del 2018 y de dichos recibos pudimos extraer la información importante de 15 meses anteriores desde Julio del 2017. En la parte inferior de cada recibo aparece un historial de consumos y demandas y con eso preparamos la tabla 22 donde obtenemos el consumo de energía promedio del campus en esos 15 meses.

**Figura 15**  
**Recibo de Luz de la USMP Mes junio 2018**



Fuente: Luz del Sur (2018)



**Tabla 24***Consumos en kWh de Julio 2017 a Setiembre 2018*

<b>Historia de Consumos y Demandas</b>		
<b>AÑO</b>	<b>MES</b>	<b>kWh</b>
<b>2017</b>	Julio	87300
	Agosto	113200
	Setiembre	119600
	Octubre	118200
	Noviembre	117200
	Diciembre	78200
<b>2018</b>	Enero	103900
	Febrero	110900
	Marzo	133400
	Abril	136100
	Mayo	118600
	Junio	107400
	Julio	83900
	Agosto	98000
	Setiembre	105800

Fuente: Elaboración propia

Con estos datos se logra obtener el promedio que corresponde al consumo mensual de energía del campus USMP de la sede La Molina, pero para ser más precisos se debe quedar con el consumo de los meses que coinciden con el desarrollo de las clases los semestres 2017-II y 2018-I. Además, tengamos en cuenta que un semestre consta de 17 semanas de las cuales prácticamente 15 semanas corresponden a clases normales como las que especificamos en las tablas 10 y 11. Por lo tanto, en la tabla 23 vamos a ver cuáles son los meses significativos.

**Tabla 25***Consumos de los meses de semestres 2017-II y 2018-I*

<b>Historia de Consumos y Demandas</b>		
<b>AÑO</b>	<b>MES</b>	<b>kWh</b>
<b>2017</b>	Julio	87300
	Agosto	<b>113200</b>
	Setiembre	<b>119600</b>
	Octubre	<b>118200</b>
	Noviembre	<b>117200</b>
	Diciembre	78200
		<b>SEMESTRE 2017-II</b>
<b>2018</b>	Enero	103900
	Febrero	110900
	Marzo	<b>133400</b>
	Abril	<b>136100</b>
	Mayo	<b>118600</b>
	Junio	<b>107400</b>
	Julio	83900
	Agosto	98000
Setiembre	105800	
		<b>SEMESTRE 2018-I</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 26***Consumo promedio mensual entre el periodo 2017-II y 2018-I*

<b>Consumo promedio durante los meses de los semestres 2017-II y 2018-I</b>	
<b>120,462.5</b>	<b>kWh</b>

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 25, en donde podemos apreciar los consumos reales de energía en los años 2017 y 2018, se deduce que el consumo promedio al mes de todo el campus durante el desarrollo de los semestres 2017-II y 2018-I es de 120,462.5 kWh. El área construida de todos los pabellones dentro del campus es de 15,203 m<sup>2</sup>, esto toma en cuenta los pabellones de estudios generales, el de laboratorios y talleres de ingeniería, el comedor, biblioteca y el pabellón de FIA data. Entre esos

ambientes de distribuye el consumo eléctrico de todo el campus. El área construida del pabellón de Especialidades es de 3,233 m<sup>2</sup> (considerando los 3 pisos más el sótano), lo cual representa el 21.27% del total. Lo que se busca con este cálculo es aproximar que porcentaje del recibo eléctrico del campus de la Fontana correspondería al consumo eléctrico del pabellón de Especialidades. Por lo que vamos a asignar que el consumo eléctrico del pabellón de Especialidades es el 21.27% de los recibos mensuales. Entonces el consumo promedio mensual sería 25,622.4 kWh, si tenemos en cuenta la tabla anterior.

#### **4.10. Proyección de los consumos totales del pabellón a solo consumo en iluminación**

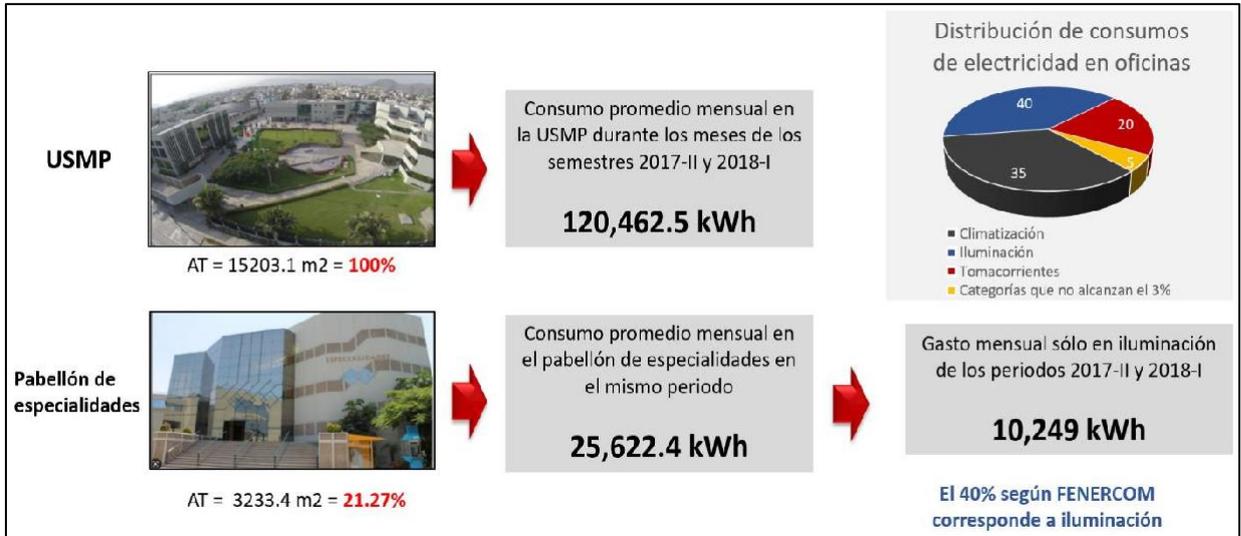
Desde FENERCOM (Fundación de la Energía de la comunidad de Madrid) al que se refiere en la Guía de Auditorías Energéticas (AE) para edificios de oficinas de la Comunidad de Madrid, se extrae el dato de que el consumo energético en las oficinas se distribuye como sigue:

- Climatización: 35%
- Iluminación: 40%
- Tomacorrientes: 20%
- El 5% restante corresponde a categorías de menor consumo.

Por lo tanto, teniendo esta referencia podemos decir que el consumo en iluminación real en el pabellón de especialidades, está bordeando el 40% de 25,622.4 kWh que viene a ser 10,249 kWh. Pero en el punto anterior habíamos concluido que el consumo lumínico del pabellón de Especialidades no debía ser mayor de 1,733 kWh. Por lo tanto, esto demuestra que existe un gran desperdicio de energía de al menos 8,516 kWh. Esto es lo que se espera reducir con el sistema de control propuesto y con ciertos cambios adicionales de luminarias a lámparas led.

**Figura 17**

Gasto en iluminación de los periodos 2017-II y 2018-I



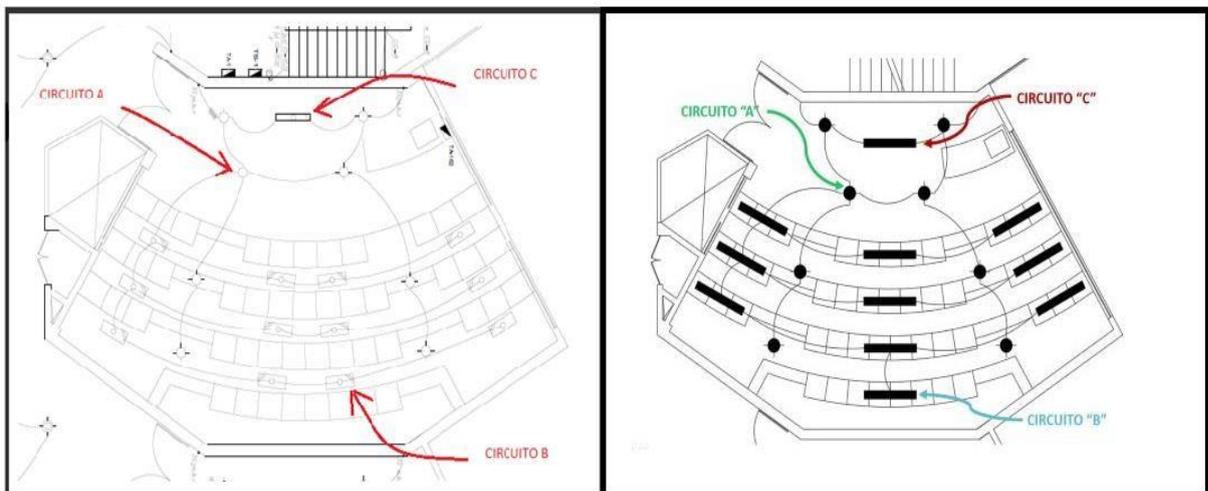
Fuente: Elaboración propia

#### 4.11. Propuesta de cambio de las luminarias actuales a tecnología led

En este punto se van a proponer el reemplazo de los equipos existentes por su equivalente en calidad de iluminación, pero con menor consumo. Vamos a enfocarnos en los equipos utilizados en los circuitos dentro de las aulas tal como vimos en la figura 10.

**Figura 18**

Circuitos



Fuente: Elaboración propia

**a) Circuito A:** Luminarias que se encuentran en lo alto del pasillo (entre las carpetas)

Cantidad de luminarias en el aula: 8

Cantidad de lámparas en luminaria: 2

Potencia nominal de la lámpara: 18 W

Flujo luminoso: 1200 lm

Estas luminarias las vamos a reemplazar por una Luminaria circular de la marca Ledvance que consume 24 W pero que entrega suficiente iluminación para reemplazar a las 2 lámparas de 18 W que se usan actualmente.

Cantidad de luminarias en el aula: 8

Cantidad de lámparas en luminaria: 1

Potencia nominal de la lámpara: 24 W

Flujo luminoso: 1800 lm

### Figura 19

*Especificaciones técnicas de luminarias - pasillo*



Marca	Ledvance
Ancho	23.8 cm
Alto	3.4 cm
Profundidad	23.8 cm
Material de la lámpara	Otro
Color referencial	Blanco
Potencia máxima	24 W
Voltaje	100,240 V
Flujo luminoso	1800 lm
Vida útil	30.000 h
Garantía	3 años

Fuente: Elaboración propia

**b) Circuito B:** Luminarias que se encuentran en lo alto de las mesas de trabajo

Cantidad de luminarias en el aula: 12

Cantidad de lámparas en luminaria: 2

Potencia nominal de la lámpara: 40 W

Flujo luminoso: 3500 lm

Para estas luminarias hemos encontrado un reemplazo en la marca Phillips que proporciona casi la misma iluminación y es casi el triple de tamaño, por lo que ya no será necesario utilizar 2 tubos en la luminaria y se abarcará más área.

Cantidad de luminarias en el aula: 9

Cantidad de lámparas en luminaria: 1

Potencia nominal de la lámpara: 18.2 W

Flujo luminoso: 3100 lm

**Figura 20**

Especificaciones técnicas de luminarias – mesa de trabajo



Funcionamiento de emergencia	
Vida útil nominal (nominal)	75000 h
Ciclo de alternado	200000
Rendimiento inicial (conforme con IEC)	
Código de color	865 [ CCT de 6.500 K]
Angulo de haz (nominal)	160 °
Flujo luminoso (nominal)	3100 lm
Designación de color	Luz de día fría
Temperatura de color correlacionada (nominal)	6500 K
Eficacia lumínica (promedio) (nominal)	170 lm/W
Consistencia de color	<6
Mecánicos y de carcasa	
Frecuencia de entrada	50 a 60 Hz
Potencia (nominal)	18.2 W
Corriente de la lámpara (máx.)	93 mA
Corriente de la lámpara (mín.)	77 mA
Tiempo de inicio (nominal)	0.5 s
Tiempo de calentamiento para 60 % de luz (nominal)	0.5 s
Factor de potencia (nominal)	0.9
Voltaje (nominal)	220-240 V
Consumo de energía kWh/1000 h	19 kWh

Fuente: Elaboración propia

**c) Circuito C:** Luminarias que se encuentran en lo alto del pasillo (frente a la pizarra)

- Cantidad de luminarias: 2
- Cantidad de lámparas en luminaria: 1
- Potencia nominal de la lámpara: 36 W
- Flujo luminoso: 2900 lm

Para estas luminarias el tubo utilizado para el circuito B se ajusta a la perfección y ya no sería necesario utilizar 2 luminarias sino solo una.

- Cantidad de luminarias en el aula: 1
- Cantidad de lámparas en luminaria: 1
- Potencia nominal de la lámpara: 18.2 W
- Flujo luminoso: 3100 lm

Adicionalmente hay que agregar que en los baños se utilizan 2 circuitos eléctricos en las luminarias, uno de ellos idéntico al circuito A de las aulas y que utiliza luminarias redondas también y el otro circuito que es el que entrega más luz, controla 2 luminarias que usan 4 tubos de 40 W cada uno. Estos tubos se podrían cambiar por la luminaria Phillips que estamos proponiendo que es de bajo consumo. Con esos cambios, las tablas con los consumos por piso quedarían de la siguiente manera.

**Tabla 27**

*Consumo estimado con luminarias led del 1er. piso del Pabellón de Especialidades 2018-I*

2018-I		# POR PISO	CIRCUITO	# DE LUMINARIAS	# DE LAMPARAS X LUMINARIA	POTENCIA NOMINAL X LAMPARA (W)	CONSUMO TOTAL NOMINAL (W)	HRS X DIA	CONSUMO X DIA (KWh)	CONSUMO X MES (KWh)	CONSUMO X MES EN TODO EL PISO (KWh)	
PISO 1	AULAS	6	A	8	1	24	192	6.15	2.300	69.00	414.02	
			B	9	1	18.2	163.8					
			C	1	1	18.2	18.2					
	BAÑOS	2	A	1	1	24	24	96.8	10	0.968	29.04	58.08
			B	2	2	18.2	72.8					
	CORREDOR Y HALL	1	A	11	1	23	253	621	6	3.726	111.78	111.78
			B	11	1	23	253					
			C	5	1	23	115					
	ESCALERAS	2	A	1	2	26	52	6	0.312	9.36	18.72	
RACKS	6	A	1	1	40	40	0.75	0.030	0.9	5.40		
<b>TOTAL</b>										<b>608.00</b>		

Fuente: Elaboración propia

En las zonas de color amarillo de la tabla 27, se puede notar los cambios en el consumo de los nuevos equipos led, con los cuales se ahorraría casi un tercio del consumo de energía. Vamos a mostrar un comparativo del ahorro total que se hubiese esperado en los semestres 2017-II y 2018-I si se hubieran utilizado luminarias led. El resto de las tablas de consumo de cada piso en cada semestre se adjuntan en la sección de anexos.

**Tabla 28**

*Resumen del consumo estimado con luminarias led de cada piso del pabellón de Especialidades durante los semestres 2017-II y 2018-I*

<b>Resumen del consumo estimado en kWh en ambos semestres utilizando luminarias LED</b>		
	<b>Semestre 2017-II</b>	<b>Semestre 2018-I</b>
Piso 1	668.59	608.00
Piso 2	483.46	416.14
Piso 3	327.10	347.30
Sotano	1020.24	1020.24
TOTAL	2499.39	2391.68
<b>Promedio de ambos periodos</b>	<b>2445.54</b>	

Fuente: Elaboración propia

Ahora, volviendo al escenario visto en la tabla 22, pero con una reducción en el consumo considerable. Sin embargo, recordemos que nos quedaremos con un tercio de este valor debido al correcto funcionamiento de los sensores de luminosidad del sistema de control propuesto, reduciendo aún más el consumo final en iluminación del pabellón de Especialidades.

**Tabla 29**

*Consumo ideal que se busca con la propuesta*

Consumo mensual en iluminación del pabellon de Especialidades considerando el ahorro debido al sistema de control, el cambio a equipos LED y el efecto de los sensores de luminosidad.
815.2 kWh

Fuente: Elaboración propia

#### 4.12. Presupuesto del sistema de control de Iluminación y recuperación de la inversión

**Tabla 30**

*Presupuesto de la propuesta*

<b>LISTA DE DISPOSITIVOS PARA EL PABELLON</b>					
<b>Código</b>	<b>Resumen</b>	<b>Cant</b>	<b>Unit.</b>	<b>Total</b>	
INS-360F/U	Nodo Regulador 6 Entradas - 3 Salidas 0-10 V	66.00	S/	697.00	S/ 46,002.00
ISM-100-LP	Sensor de Luminosidad y Presencia	114.00	S/	190.00	S/ 21,660.00
INS-461-F	Nodo de Control 6ED/1ESA/4SR	16.00	S/	510.00	S/ 8,160.00
ICONT230-2252NO	Contactador 230 VAC, 25A, 2 NO	40.00	S/	60.00	S/ 2,400.00
IPC-100	Protección de Cargas Eléctricas	40.00	S/	21.00	S/ 840.00
IR-IP-FTT	Nodo servidor Web avanzado con ISO/IEC-4908-4	1.00	S/	1,988.50	S/ 1,988.50
IWLON-440-F	Nodo servidor Web avanzado con ISO/IEC-4908-4	1.00	S/	2,603.50	S/ 2,603.50
CTR-110	Terminación de Red	8.00	S/	45.00	S/ 360.00
ITAB_CTR_48U	Tablero de Control 48U, incluye borneros, elementos eléctricos y montaje	32.00	S/	450.00	S/ 14,400.00
ITAB_CTR_72U	Tablero de Control 72U, incluye borneros, elementos eléctricos y montaje	1.00	S/	720.00	S/ 720.00
<b>ENLACE DE COMUNICACIÓN</b>					
ICB-24-LH	Cable de Bus Libre de Halógenos 100 m	9.00	S/	307.50	S/ 2,767.50
ICB-2X1.5	Cable 2x1,5 mm2 para 0-10 V	12.00	S/	233.70	S/ 2,804.40
ICB-FTP	Cable FTP Cat. 6e	9.00	S/	196.80	S/ 1,771.20
ISW-070	Página Web	1.00	S/	410.00	S/ 410.00
IPSC-010	Plataforma de Supervisión y Control	1.00	S/	2,820.80	S/ 2,820.80
ISCC-70A	Software de Supervisión y Control	1.00	S/	1,435.00	S/ 1,435.00
<b>CAMBIO A LUMINARIAS LED DE TODO EL PABELLON</b>					
LED1	MASTER LEDtube 1500mm HO 18.2W 865 T8	196.00	S/	55.00	S/ 10,780.00
LED2	Downlight LED 2 en 1 Redondo 24W Luz Fría	152.00	S/	51.00	S/ 7,752.00
<b>Total Materiales</b>		1.00			S/ 129,674.90
<b>Total Instalación y puesta en marcha</b>		1.00	S/	8,000.00	S/ 8,000.00
<b>TOTAL PROYECTO</b>					<b>S/ 137,674.90</b>

Fuente: Elaboración propia

#### **Recuperación de la inversión**

Según los recibos de energía, se pudo constatar que el costo por 1 kWh le cuesta a la universidad 0.21 soles. Por lo tanto, el costo aproximado de 10,249 kWh que se consumía al mes solo en iluminación en los periodos 2017-II y 2018-I fueron equivalentes a 2,152.3 soles. Entonces, al tener un consumo final de 815.2 kWh con todo el sistema de control esto representa solo 171.2 soles con lo que se ahorraría cada mes 1,981.1 soles. Si el proyecto cuesta 137,674.9 soles, el retorno de la inversión se completaría a los 69.5 meses o 5.8 años, lo cual no sería una

mala inversión teniendo en cuenta que ya se tiene un sistema de control que se puede complementar para climatización y controles de acceso de los recintos, por ejemplo.

**Tabla 31**

*Recuperación de la inversión*

<b>Segun recibos: 1 kWh = 0.21 Soles</b>	<b>kWh</b>	<b>Soles</b>
Consumo mensual segun recibos en 2017 y 2018 en solo iluminacion	10249	2152.3
Consumo mensual ideal con equipos de control y lamparas led	815.2	171.2
Ahorro mensual	9433.8	1981.1
Costo de la inversión para implementar la propuesta		137674.9
Número de meses para recuperar la inversión	<b>69.5</b>	
Número de años para recuperar la inversión	<b>5.8</b>	

Fuente: Elaboración propia

## **CAPÍTULO V**

## 5. RESULTADOS

### 5.1. Fiabilidad del instrumento de medición

En primer lugar, es necesario comentar respecto a la fiabilidad del instrumento de medición, por lo que se evaluará su capacidad de expresar las opiniones sobre las variables del sistema de control lumínico y consumo eléctrico. A continuación, se detalla:

**Tabla 32**

*Resumen del procesamiento de los casos*

		N	%
Casos	Válido	30	100,0

Fuente: Elaboración propia con SPSS v.26

El resumen del procesamiento de casos evidencia que se tomaron en cuenta los 30 cuestionarios, es decir, el 100% de la muestra, lo cual permite realizar un análisis certero de la información de la opinión de los involucrados. Por otro lado, el resumen de la fiabilidad de los instrumentos se muestra a seguir:

**Tabla 33**

*Análisis de fiabilidad del instrumento de medición*

Instrumento	Alfa de Cronbach	Nº elementos
Cuestionario de Sistema de Control Lumínico	0.831	12
Cuestionario de Consumo eléctrico	0.820	12

Fuente: Elaboración propia con SPSS v.26

De la tabla anterior se puede observar que tanto el cuestionario del sistema de control lumínico y del consumo eléctrico, lograron una alta confiabilidad al conseguir un alfa de Cronbach de 0.831 y 0.820, respectivamente; además en ambos casos se seleccionaron 12 preguntas (elementos) para el análisis.

### 5.2. Análisis de frecuencias

El análisis de frecuencias permite caracterizar la opinión de los involucrados sobre las variables de interés, a modo de conocer la percepción sobre el desempeño en categorías de deficiente, regular y bueno.

Variable: Sistema de control lumínico

**Tabla 34**

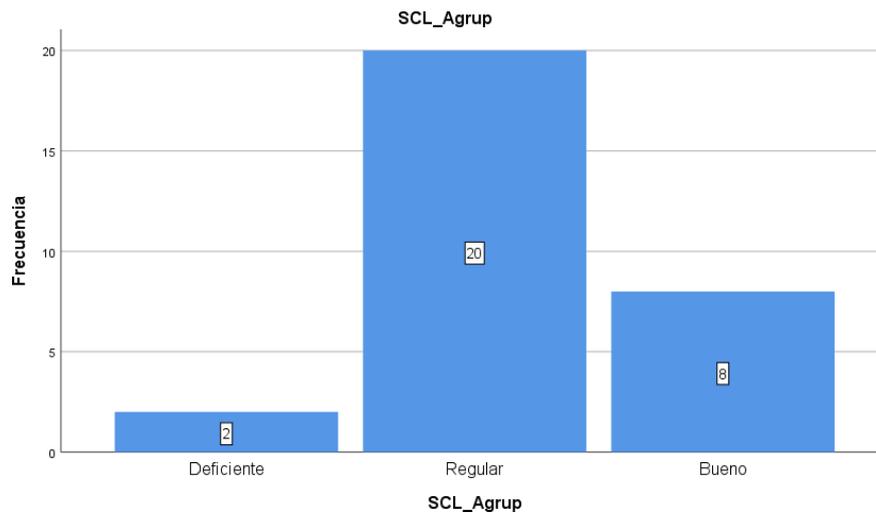
*Análisis de frecuencias para el sistema de control lumínico*

		Frec.	%	% Acum.
Válido	Deficiente	2	6,7	6,7
	Regular	20	66,7	73,3
	Bueno	8	26,7	100,0
	Total	30	100,0	

Fuente: Elaboración propia con SPSS v.26

**Figura 21**

*Análisis de frecuencias para el sistema de control lumínico*



Fuente: Elaboración propia con SPSS v.26

El análisis anterior muestra que la mayoría de las opiniones sobre el desempeño del sistema de control lumínico son de carácter regular con un 66.7%, seguido por una percepción buena con el 26.7% y solo el 6.7% expreso una opinión deficiente sobre este factor, por lo que aún se deben plantear acciones correctivas. A fin de profundizar el análisis se presentan las frecuencias para las dimensiones de esta variable.

Dimensión: Sistema de gestión del Edificio (BMS)

**Tabla 35**

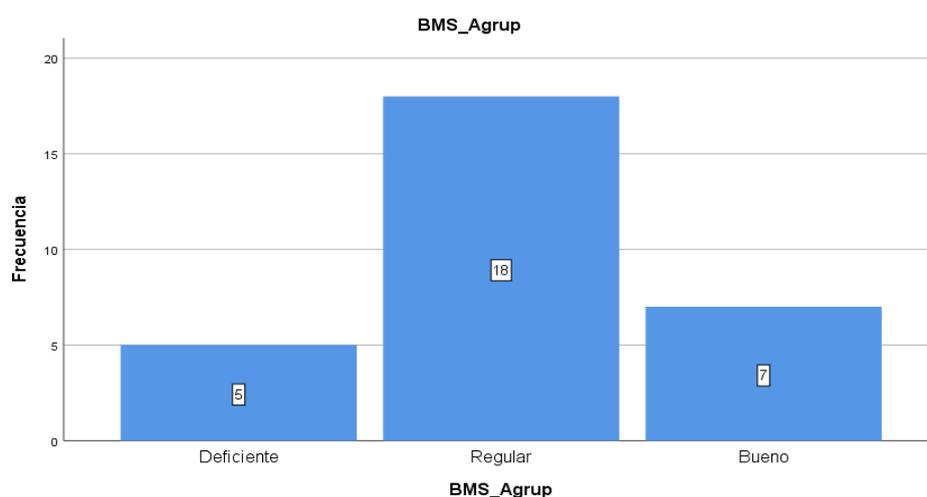
*Análisis de frecuencias para el sistema de gestión del edificio (BMS)*

		Frec.	%	% Acum.
Válido	Deficiente	5	16,7	16,7
	Regular	18	60,0	76,7
	Bueno	7	23,3	100,0
	Total	30	100,0	

Fuente: Elaboración propia con SPSS v.26

**Figura 22**

*Análisis de frecuencias para el sistema de gestión del edificio (BMS)*



Fuente: Elaboración propia con SPSS v.26

El análisis de frecuencias respecto a la percepción del sistema de gestión del edificio (BMS) expresa opiniones mayoritariamente de carácter regular con el 60%, en tanto que el 23.3% presenta una percepción buena sobre el desempeño; en la perspectiva negativa, el 16.7% opina que el nivel actual de dicho sistema se encuentra en la categoría deficiente por lo que es necesario desarrollar acciones de mejora en un futuro para la adecuada gestión del edificio dentro del marco del control lumínico.

Dimensión: Sistema de gestión en recintos (RMS)

**Tabla 36**

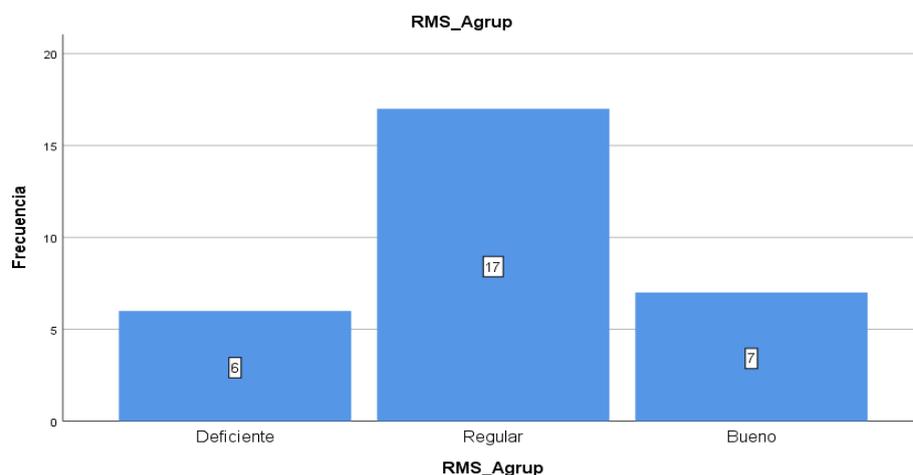
*Análisis de frecuencias para el sistema de gestión en recintos (RMS)*

		Frec.	%	% Acum.
Válido	Deficiente	6	20,0	20,0
	Regular	17	56,7	76,7
	Bueno	7	23,3	100,0
	Total	30	100,0	

Fuente: Elaboración propia con SPSS v.26

**Figura 23**

*Análisis de frecuencias para el sistema de gestión en recintos (RMS)*



Fuente: Elaboración propia con SPSS v.26

El análisis de anterior sobre la percepción del sistema de gestión en recintos (RMS) presenta opiniones en gran medida de carácter regular con el 56.7%, en tanto que el 23.3% presenta una percepción buena sobre el desempeño. En el lado contrario, el 20% opina que el nivel actual de dicho sistema se encuentra en la categoría deficiente por lo que es necesario desarrollar acciones correctivas para la mejor gestión de los recintos dentro de sistema de control lumínico.

Variable: Consumo eléctrico

**Tabla 37**

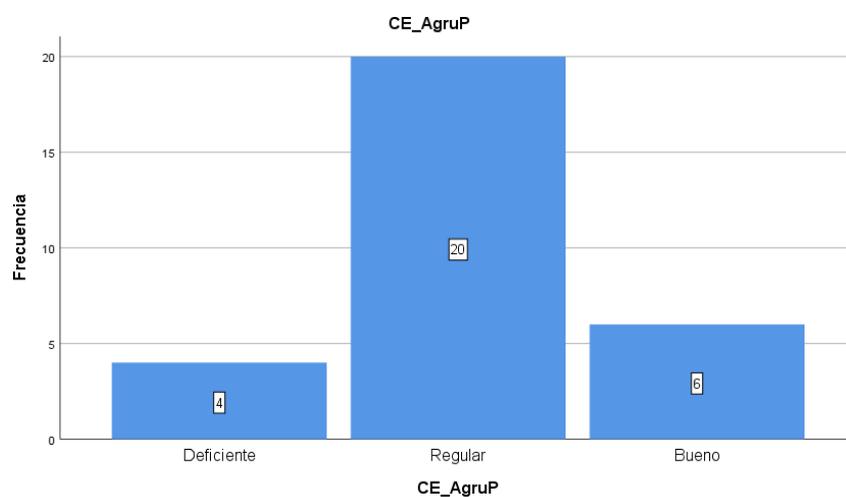
*Análisis de frecuencias para el consumo eléctrico*

		Frec.	%	% Acum.
Válido	Deficiente	4	13,3	13,3
	Regular	20	66,7	80,0
	Bueno	6	20,0	100,0
	Total	30	100,0	

Fuente: Elaboración propia con SPSS v.26

**Figura 24**

*Análisis de frecuencias para el consumo eléctrico*



Fuente: Elaboración propia con SPSS v.26

La tabla anterior muestra que la mayoría de las opiniones sobre el consumo eléctrico son de carácter regular con un 66.7 %, seguido por una percepción buena con el 20 % y solo el 13.3 % expreso una opinión deficiente sobre este factor, por lo que aún se deben plantear acciones que reduzcan de forma significativa el consumo de este recurso. Para profundizar el análisis se presentan las frecuencias para las dimensiones de esta variable.

Dimensión: Potencia Eléctrica

**Tabla 38**

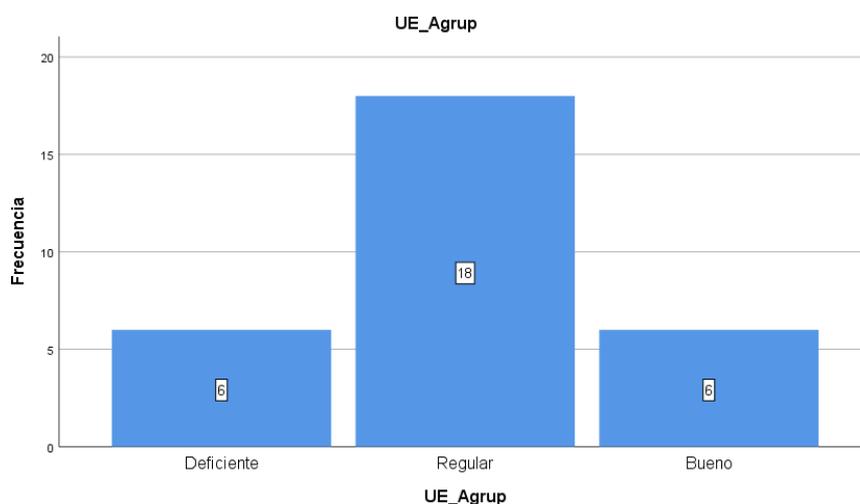
*Análisis de potencia eléctrica.*

		Frec.	%	% Acum.
Válido	Deficiente	6	20,0	20,0
	Regular	18	60,0	80,0
	Bueno	6	20,0	100,0
	Total	30	100,0	

Fuente: Elaboración propia con SPSS v.26

**Figura 25**

*Análisis de potencia eléctrica*



Fuente: Elaboración propia con SPSS v.26

El análisis de frecuencias respecto a la percepción del uso de energía expresa opiniones mayoritariamente de carácter regular con el 60 %, en tanto que el 20 % presenta una percepción buena sobre el desempeño; en la perspectiva negativa, también el 20 % opina que el nivel actual del empleo de dicho recurso se encuentra en la categoría deficiente por lo que es necesario desarrollar acciones de mejora en un futuro para reducir el uso a fin de una mayor conservación del ambiente y una política enfocada en la reducción de costo.

Dimensión: Tiempo de uso de los Recintos

**Tabla 39**

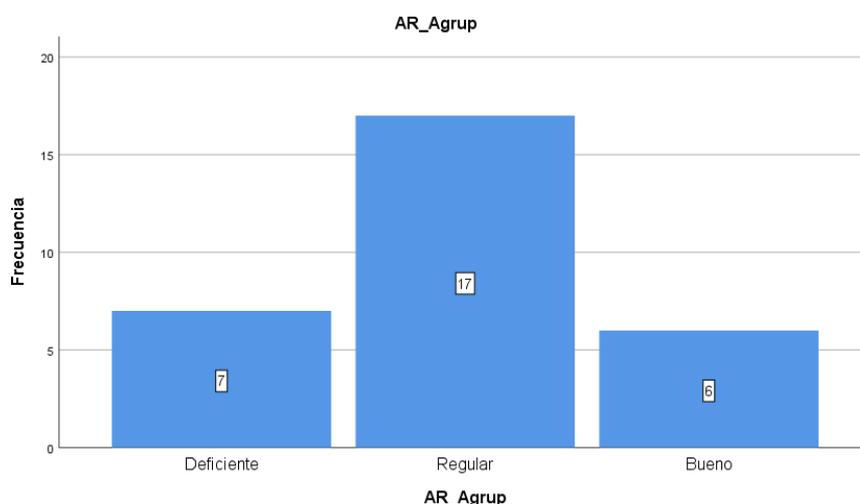
*Análisis de tiempo de uso de los recintos*

		Frec.	%	% Acum.
Válido	Deficiente	7	23,3	23,3
	Regular	17	56,7	80,0
	Bueno	6	20,0	100,0
	Total	30	100,0	

Fuente: Elaboración propia con SPSS v.26

**Figura 26**

*Análisis de tiempo de uso de los recintos*



Fuente: Elaboración propia con SPSS v.26

El análisis de anterior sobre la percepción del consumo eléctrico en los ambientes o recintos presenta opiniones en gran medida de carácter regular con el 56.7%, en tanto que el 20 % presenta una percepción buena sobre dicho consumo. En el lado contrario, el 23.3 % opina que el nivel actual de dicho sistema se encuentra en la categoría deficiente por lo que es necesario evaluar el sistema actual a fin de reducir el consumo en los ambientes académicos, pasillos, servicios y accesos.

### 5.3. Tablas cruzadas

El análisis de tablas cruzadas permite conocer una aproximación de las similitudes en las percepciones sobre las variables de interés respecto a las categorías de deficiente, regular y bueno. A partir de ello, es posible determinar un grado de relación previa que se profundiza luego en las pruebas de hipótesis.

**Tabla 40**

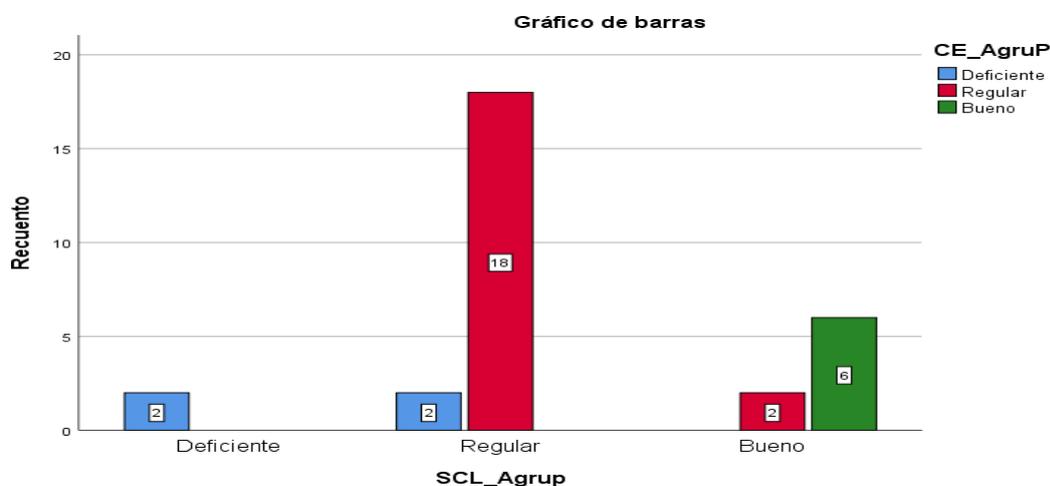
*Sistema de control lumínico y el consumo energético*

		Consumo energético (CE)			Total
		Deficiente	Regular	Bueno	
Sistema de control lumínico (SCL)	Deficiente	2	0	0	2
	Regular	2	18	0	20
	Bueno	0	2	6	8
Total		4	20	6	30

Fuente: Elaboración propia con SPSS v.26

**Figura 27**

*Sistema de control lumínico y el consumo energético*



Fuente: Elaboración propia con SPSS v.26

El análisis de tablas cruzadas para el sistema de control lumínico y el consumo energético expresa una gran similitud de respuestas para la categoría regular, alcanzando una igualdad de 18 y también 6 opiniones coinciden en una perspectiva buena sobre el desempeño de ambas.

**Tabla 41**

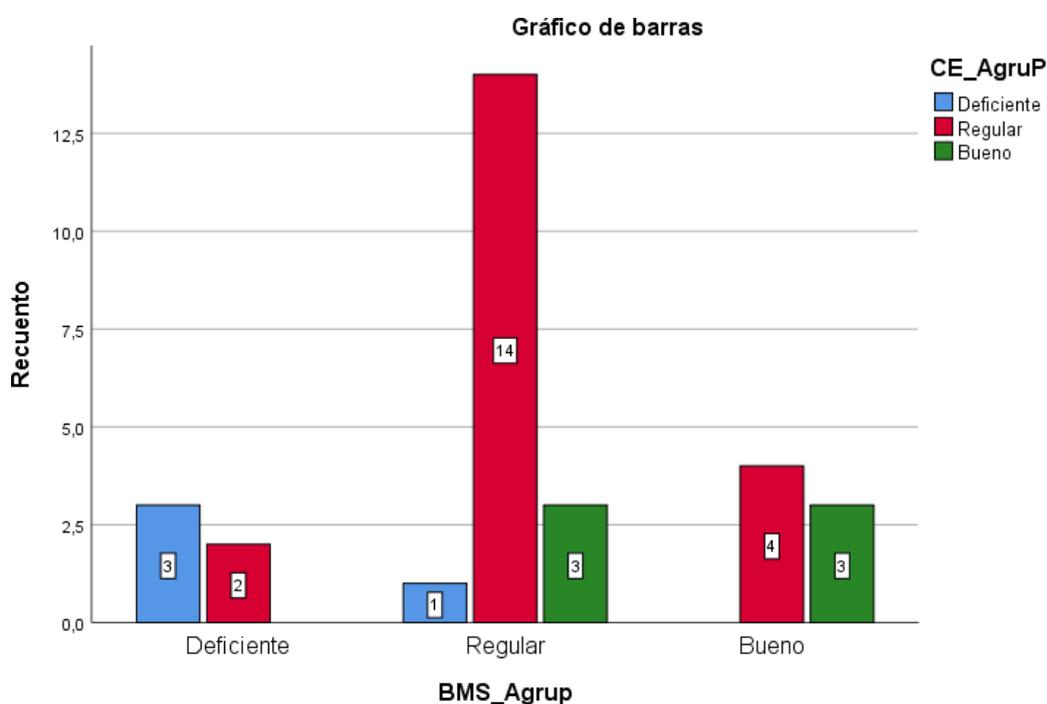
*BMS y el consumo energético*

		Consumo energético (CE)			Total
		Deficiente	Regular	Bueno	
Sistema de Gestión del Edificio (BMS)	Deficiente	3	2	0	5
	Regular	1	14	3	18
	Bueno	0	4	3	7
Total		4	20	6	30

Fuente: Elaboración propia con SPSS v.26

**Figura 28**

*BMS y el consumo energético*



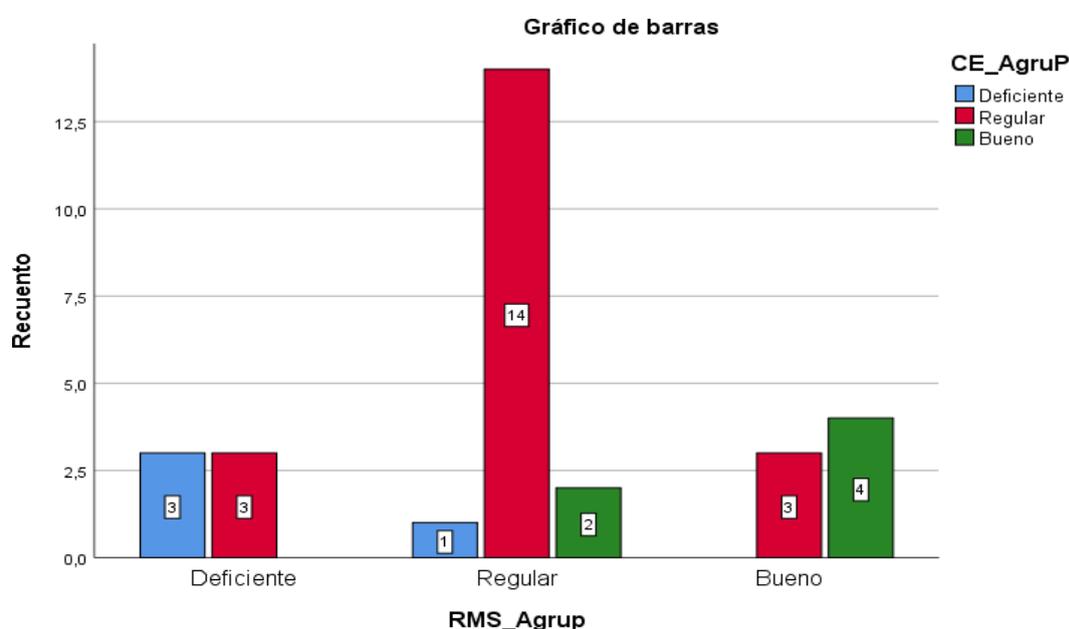
Fuente: Elaboración propia con SPSS v.26

En la tabla y figura anterior se muestra que para 5 respuestas de carácter deficiente en el sistema de gestión del edificio (BMS), 3 fueron deficientes para el consumo eléctrico y 2 de nivel regular. Asimismo, la mayor cantidad de coincidencias corresponden a la percepción regular de ambos conceptos y en el caso de la opinión buena, en 3 ocasiones ambas coinciden, por lo que se muestra un nivel de similitud alto.

**Tabla 42***RMS y el consumo energético*

		Consumo energético (CE)			Total
		Deficiente	Regular	Bueno	
Sistemas de Gestión en Recintos (RMS)	Deficiente	3	3	0	6
	Regular	1	14	2	17
	Bueno	0	3	4	7
	Total	4	20	6	30

Fuente: Elaboración propia con SPSS v.26

**Figura 29***RMS y el consumo energético*

Fuente: Elaboración propia con SPSS v.26

En la tabla y figura anterior se expresa que para 6 respuestas de carácter deficiente en el sistema de gestión del edificio (BMS), 3 fueron deficientes para el consumo eléctrico y 3 de nivel regular. De forma similar, de las 17 opiniones regulares del sistema de gestión, se encontraron 14 similitudes en la misma categoría para el consumo eléctrico y 3 opiniones distintas (1 deficiente y 2 buenas). Finalmente, para las 7 respuestas de nivel bueno en el sistema de gestión se encontró una coincidencia en 4 respuestas para el consumo eléctrico y 3 diferencias para la categoría bueno.

## 5.4. Prueba de hipótesis

### Hipótesis general:

Ho: El sistema de control lumínico no se relaciona directamente con la reducción del consumo eléctrico del pabellón de Especialidades de la FIA de la USMP, 2019.

Ha: El sistema de control lumínico se relaciona directamente con la reducción del consumo eléctrico del pabellón de Especialidades de la FIA de la USMP, 2019.

**Tabla 43**

*Prueba chi cuadrado de la hipótesis general*

	Valor	df	p-valor(sig)
Chi-cuadrado de Pearson	34,050 <sup>a</sup>	4	0,000
Razón de verosimilitud	29,650	4	0,000
Asociación lineal por lineal	19,292	1	0,000
N de casos válidos	30		

Fuente: Elaboración propia con SPSS v.26

Regla de decisión:

Si  $p\text{-valor (sig.)} \geq 0.05$ , no se rechaza la hipótesis nula

Si  $p\text{-valor (sig.)} < 0.05$ , se rechaza la hipótesis nula y se toma hipótesis alterna

Gracias a la significancia del chi cuadrado de Pearson obtenido en la tabla anterior, el análisis de los datos de la encuesta ha demostrado estadísticamente que existe una relación significativa entre el sistema de control de iluminación y la reducción en el consumo de electricidad, dado que se obtuvo un p-valor (sig.) de  $0.000 < 0.05$ ; por lo tanto, no se acepta la hipótesis nula y se toma hipótesis alterna donde se menciona que el sistema de control lumínico se relaciona con la reducción

del consumo eléctrico del pabellón de Especialidades de la FIA de la USMP, 2019. A fin de conocer la intensidad de la correlación se muestra la siguiente tabla con el análisis de correlación de Spearman.

**Tabla 44**

*Medidas simétricas de la hipótesis general*

		Valor	Error estándar asintótico	T aproximada	p-valor(sig)
Intervalo por intervalo	R de Pearson	0,816	0,079	7,459	0,000
Ordinal por ordinal	Correlación de Spearman	0,817	0,083	7,491	0,000
N de casos válidos		30			

Fuente: Elaboración propia con SPSS v.26

En la tabla anterior queda demostrado con el coeficiente de correlación de Pearson ( $r=0.816$  y sig.  $< 0.05$ ) que existe un grado de correlación positiva y significativa entre ambas variables; adicionalmente mediante el coeficiente de correlación de Spearman se obtiene un  $r_s$  de  $0.817$  y sig.  $< 0.05$ , lo cual indica una intensidad alta entre dichas variables. A partir de ello, se afirma la hipótesis del investigador donde se menciona que el sistema de control lumínico se relaciona con la reducción del consumo eléctrico del pabellón de Especialidades de la FIA de la USMP, 2019.

### **Hipótesis específica 1:**

Ho: El desarrollo de un sistema de gestión del edificio (BMS) no se relaciona directamente con la reducción del uso de Energía del pabellón de Especialidades de la FIA de la USMP, 2019.

Ha: El desarrollo de un sistema de gestión del edificio (BMS) se relaciona directamente con la reducción del uso de Energía del pabellón de Especialidades de la FIA de la USMP, 2019.

**Tabla 45***Prueba chi cuadrado de la hipótesis específica 1*

	Valor	df	p-valor(sig)
Chi-cuadrado de Pearson	13,807	4	0,008
Razón de verosimilitud	11,792	4	0,019
Asociación lineal por lineal	8,525	1	0,004
N de casos válidos	30		

Fuente: Elaboración propia con SPSS v.26

Regla de decisión:

Si p-valor (sig.)  $\geq 0.05$ , no se rechaza la hipótesis nulaSi p-valor (sig.)  $< 0.05$ , se rechaza la hipótesis nula y se toma hipótesis alterna

En la tabla anterior, al analizar los datos de la encuesta, la significancia del chi cuadrado de Pearson prueba estadísticamente que existe una realización significativa entre estas variables, dado que se obtuvo un p-valor (sig.) de  $0.008 < 0.05$ ; por lo tanto, no se acepta  $H_0$  y se toma  $H_a$  donde se indica que el desarrollo de un sistema de gestión del edificio (BMS) se relaciona directamente con la reducción del uso de energía del pabellón de especialidades de la FIA de la USMP, 2019. A fin de conocer la intensidad de la correlación se muestra la siguiente tabla con el análisis de correlación de Spearman.

**Tabla 46***Medidas simétricas de la hipótesis específica 1*

		Valor	Error estándar asintótico	T aproximada	p-valor(sig)
Intervalo por intervalo	R de Pearson	0,542	0,133	3,414	0,002
Ordinal por ordinal	Correlación de Spearman	0,531	0,139	3,318	0,003
N de casos válidos		30			

Fuente: Elaboración propia con SPSS v.26

En la tabla anterior, gracias al coeficiente de correlación de Pearson ( $r=0.542$  y sig.  $< 0.05$ ) queda demostrado que existe un grado de correlación positiva y significativa entre ambas variables; adicionalmente mediante el coeficiente de correlación de Spearman se obtiene un  $r_s$  de 0.531 y sig.  $< 0.05$ , lo cual indica una intensidad moderada entre dichas variables. En este sentido, se confirmó la hipótesis de los investigadores donde mencionan que el desarrollo de un sistema de gestión del edificio (BMS) se relaciona directamente con la reducción del Uso de Energía del pabellón de Especialidades de la FIA de la USMP, 2019.

### Hipótesis específica 2:

Ho: El desarrollo de un sistema de gestión en recintos (RMS) no se relaciona directamente con la reducción del consumo eléctrico en ambientes o recintos del pabellón de Especialidades de la FIA de la USMP, 2019

Ha: El desarrollo de un sistema de gestión en recintos (RMS) se relaciona directamente con la reducción del consumo eléctrico en ambientes o recintos del pabellón de Especialidades de la FIA de la USMP, 2019

**Tabla 47**

*Prueba chi cuadrado de la hipótesis específica 2*

	Valor	df	p-valor(sig)
Chi-cuadrado de Pearson	15,769	4	0,003
Razón de verosimilitud	14,110	4	0,007
Asociación lineal por lineal	10,896	1	0,001
N de casos válidos	30		

Fuente: Elaboración propia con SPSS v.26

Regla de decisión:

Si p-valor (sig.)  $\geq 0.05$ , no se rechaza la hipótesis nula

Si p-valor (sig.)  $< 0.05$ , se rechaza la hipótesis nula y se toma hipótesis alterna

En la tabla anterior, luego de analizar los datos de la encuesta, se demuestra que existe una relación significativa entre estas variables utilizando la significancia del chi cuadrado de Pearson, dado que se obtuvo un p-valor (sig.) de  $0.003 < 0.05$ ; por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y no se rechaza la hipótesis alterna donde se indica que el desarrollo de un sistema de gestión en recintos (RMS) se relaciona directamente con la reducción del consumo eléctrico en ambientes o recintos del pabellón de Especialidades de la FIA de la USMP, 2019. A fin de conocer la intensidad de la correlación se muestra la siguiente tabla con el análisis de correlación de Spearman.

**Tabla 48**

*Medidas simétricas de la hipótesis específica 2*

		Valor	Error estándar asintótico	T aproximada	p-valor(sig)
Intervalo por intervalo	R de Pearson	0,613	0,119	4,105	0,000
Ordinal por ordinal	Correlación de Spearman	0,612	0,120	4,090	0,000
N de casos válidos		30			

Fuente: Elaboración propia con SPSS v.26

La tabla anterior utiliza el coeficiente de correlación de Pearson ( $r=0.613$  y sig.  $< 0.05$ ) que existe un grado de correlación positiva y significativa entre ambas variables; adicionalmente mediante el coeficiente de correlación de Spearman se obtiene un  $r_s$  de  $0.612$  y sig.  $< 0.05$ , lo cual indica una intensidad considerable entre dichas variables. En este sentido, se afirma la hipótesis del investigador donde se menciona que el desarrollo de un sistema de gestión en recintos (RMS) se relaciona directamente con la reducción del consumo eléctrico de ambientes o recintos del pabellón de Especialidades de la FIA de la USMP, 2019.

## DISCUSIÓN

La discusión de resultados incluye una comparación de los principales resultados de este estudio con trabajos previos para determinar si se mantiene la tendencia en los resultados o si se lograron distintos alcances de acuerdo con los objetivos planteados.

En primer término, por medio de los resultados en cuanto a la hipótesis central del presente estudio, se acepta la hipótesis alternativa, en el cual por medio del coeficiente del estadístico Spearman existe una correlación positiva alta de 0,817 entre las variables sistema de control lumínico y el consumo, con un nivel de significancia de (Sig.=0,000), todo esto se encuentra dentro del pabellón de Especialidades de la FIA de la USMP. En la comparación de antecedentes a nivel internacional, para Moreano et al. (2021) los resultados del análisis determinan que la propuesta del sistema lumínico puede influir en el consumo de energía con 950 lux y con una buena respuesta del controlador PI ( $k_p = 1.752$ ,  $k_i = 37.26$ ) y se recomienda mejorar el acondicionamiento para reducir el ruido en las señales de censado y de actuación. De manera similar, en Ladi et al. (2019) se comenta que la adopción de tecnologías de iluminación inteligente para el sistema de control lumínico reduce el consumo eléctrico, lo cual se comenta a través de la simulación con un cambio de 15,000 a 5,000 Kwh y genera impactos económicos positivos por la reducción de la facturación de 5,000 a 1,500 euros. Asimismo, para Sowa (2018) el sistema propuesto de control permite una reducción en el consumo eléctrico de los edificios del 48%, por lo que se evidencia la relación entre ambas variables.

En el escenario nacional se encuentra una vinculación entre el sistema de control lumínico y el consumo de energía, dado que en Vallejos (2021) los resultados estadísticos evidencian que la gestión estratégica se relaciona de forma positiva y en un nivel bajo con el ahorro de energía, dado que se obtuvo un coeficiente de correlación de Spearman de 0.346 con significancia (p-valor) de  $0.000 < 0.05$ . Por otro lado, en Cárdenas (2022) los resultados indicaron que el uso de un sistema de energía fotovoltaica dentro de un sistema de gestión permitiría un ahorro del consumo de 40%, lo que presenta un beneficio económico de 3,811 dólares y se estima una recuperación de la inversión en 32.2 meses.

En cuanto a la hipótesis específica 1, como evidencia el estadístico de Spearman se visualiza la correlación positiva moderada de 0.531 entre las dimensiones sistema de gestión del edificio (BMS) y el uso de energía, con un nivel de significancia (p-valor) de  $0.002 < 0.05$ , en el cual se acepta la hipótesis alterna, todo esto se encuentra dentro del pabellón de Especialidades de la FIA de la USMP. Un análisis sobre la gestión del sistema en edificios en el escenario internacional se comenta en Ladi et al. (2019) dado que la adopción de tecnologías de iluminación inteligente reduce el consumo lumínico y logra beneficios económicos; por lo tanto, esta contribución positiva es muy sensible a la ubicación y la tecnología empleada.

Otro análisis de la gestión en edificios se presenta en Maskarenj et al. (2018) dado que los modelos pueden generar datos de luminancia discretizados para cálculos en interiores y se concluye que la aplicación de un sensor centralizado para el control de la iluminación interior en tiempo real tiene el potencial de integración ambiental en los edificios. Por otro lado, en la perspectiva nacional, la gestión de pabellones universitarios se comenta en Torres (2019) donde los resultados comparan los sistemas convencional simulado y automatizado donde se alcanza un ahorro eléctrico; además, se demuestra la rentabilidad de la propuesta y se determina un periodo de recupero de la inversión en 5 años; por lo tanto, se concluye que el control de la iluminación permite el ahorro eléctrico. En la misma línea en Huamán (2017) se evalúa el sistema de gestión en un pabellón de la UDEP y acerca de los controladores del sistema propuesto se concluye que se logró adaptar a las decisiones del usuario.

Finalmente, la hipótesis específica 2 muestra que, por medio del estadístico de Spearman se visualiza la correlación positiva considerable de 0.613 entre las dimensiones sistemas de gestión en recintos (RMS) y el consumo eléctrico con un nivel de significancia (p-valor) de  $0.000 < 0.05$  en el cual se visualiza una relación entre las dimensiones planteadas en el pabellón de Especialidades de la FIA de la USMP. El análisis de recintos se presenta en Cárdenas (2022) dado que la propuesta de mejora en la gestión del control refleja un diagrama del proceso mejorado, revisión de facturación y un control de los equipos con un consumo crítico

y alto en las áreas de mayor importancia. Asimismo, en Campos (2019) el análisis de recintos evidencia un consumo energético de 77,412 kWh, que es llevado al 24,94% del consumo total, el primer piso tiene un consumo de 54,816 que equivale al 15.59% del consumo total y la parte de cómputo tiene un consumo de 50,160 equivalente al 16.10% del consumo total por lo que el gasto excede los S/ 87,888 soles anuales, mencionando que se este sistema se llega a adaptar a las decisiones del usuario y, además. Adicionalmente, en Huamán (2017) el análisis de recintos determina el nivel mínimo de iluminación necesaria un control PID adaptativo para los ambientes estudiados.

## CONCLUSIONES

En cuanto a la investigación se ha logrado demostrar que, por medio del objetivo general, existe una relación directa, alta y significativa entre sistema de control lumínico y el consumo dentro del pabellón de Especialidades de la FIA de la USMP, dado que con el uso de la estadística inferencial se obtiene un coeficiente de Spearman de 0.817 con significancia de  $0.000 < 0.05$ . De forma complementaria, se muestra un plan de ahorro de energía basado en la toma de conciencia sobre los malos hábitos en el consumo de energía para la reducción de costos, asimismo, aumento de vida útil de los equipos y un incremento en la calidad ambiental de la institución, todo lo mencionado se ve en la infraestructura y en las instalaciones de la edificación.

En cuanto al objetivo específico 1, se ha podido demostrar la relación directa, moderada y significativa entre las dimensiones sistema de gestión del edificio (BMS) y el uso de energía dentro del pabellón de Especialidades de la FIA de la USMP, en tanto que mediante el uso de la estadística inferencial se obtiene un coeficiente de Spearman de 0.531 con significancia de  $0.000 < 0.05$ . Adicionalmente, el sistema de gestión del edificio manifiesta el control de la iluminación y la corriente eléctrica de acuerdo al flujo de las cargas eléctricas a través de un medio conductor, por ese medio produce dos elementos entre los que hay una diferencia de potencial y el uso de energía se ve beneficiado debido a los horarios establecidos y las cargas distribuidas.

Asimismo, en cuanto al objetivo específico 2, se ha podido demostrar la relación directa y considerable entre las dimensiones sistemas de gestión del edificio (RMS) y el consumo energético dentro del pabellón de Especialidades de la FIA de la USMP, 2019, dado que con el uso de la estadística inferencial se obtiene un coeficiente de Spearman de 0.612 con significancia de  $0.000 < 0.05$ . Además, en los resultados se menciona que mediante un sistema se puede generar un consumo de energía ordenada el cual genera una calidad e iluminación apropiados por medio de controles de los equipos lumínico; en todo el campus universitario, estos indicadores pueden verse desarrollados en los distintos ambientes del pabellón y beneficiar a la institución.

## RECOMENDACIONES

Posterior al análisis de documentos e instrumentos de medición que se observaron en la investigación dentro del caso de estudio que, es el pabellón de especialidades de la FIA de la USMP. Se recomienda que, se analice el pabellón en base a una investigación experimental, en donde se pueda obtener resultados en diferentes tiempos para que así, se genere mejores resultados en cuanto al consumo eléctrico y el trabajo del sistema de gestión del edificio.

Se recomienda que, se debe analizar desde el enfoque cualitativo para obtener datos importantes en cuanto al confort del espacio con referente a los usuarios que utilizan los diferentes ambientes, asimismo como esto influye en la formación y beneficios del edificio.

Por medio de los estudios y análisis expuestos, proponer una metodología cuantitativa en base a los tipos y herramientas que se utilizan dentro del pabellón de estudio para obtener mejores datos acerca de la carga eléctrica que se tiene, asimismo. Reflejar cuantos sistemas están operativos dentro del recinto, para contabilizar mediante este análisis la función de cada dispositivo.

Finalmente, se recomienda que, para las futuras investigaciones, se pueda generar un análisis descriptivo en cuanto al confort de los usuarios en el ámbito educativo, para que se pueda replicar en otras instituciones y obtener perspectivas distintas acerca de la infraestructura de las universidades.

## FUENTES DE INFORMACIÓN

- AEDIE. (2003). *Manual de auditorías energéticas*: Cámara Oficial de Comercio e Industria de Madrid y Comunidad de Madrid. (1ra ed.)  
<https://es.scribd.com/document/37555280/Manual-Auditorias-Energeticas-Madrid#>
- Bernal, C. (2010). *Metodología de la Investigación*: Prentice Hall.
- Buchanan, T. (2017). *Circuitos (Circuits) 6-Pack*: Teacher Created Materials.  
[https://books.google.com.pe/books?id=vKh5DwAAQBAJ&printsec=frontcover&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=vKh5DwAAQBAJ&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)
- Campos More, J. (2019). *Auditoría energética en los sistemas eléctricos de KPMG para mejorar el índice de consumo energético [Tesis de Grado, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo]*. Repositorio académico de la USAT  
<https://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/2642>
- Cardenas Huamani, J. (2022). *Diagnóstico energético y planteamiento de mejoras para optimizar el uso de energía en la planta de acopio Laive S.A [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]*. Cybertesis.  
<http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/20.500.12773/14424>
- Castrillón Mendoza, R., & González Hinestroza, A. (2018). *Metodología para la planificación energética a partir de la norma ISO 50001*: Ediciones de la Universidad Autónoma de Occidente.  
<https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/11459/Metodolog%C3%ADa%20para%20la%20planificaci%C3%B3n%20energ%C3%A9tica%20a%20partir%20de%20la%20Norma%20ISO%2050001.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Castro del Rosario, Y. (2017). *La dirección de recursos humanos en el sistema de gestión de la innovación según la norma UNE 166.002 [Tesis de Doctorado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]*. Cybertesis.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=155124>

- De Simón Martín, M., Diez Suárez, A., González Martínez, A., De la Puente Gil, Á., Vega Barrallo, B., & Martínez Barrera, A. (2019). *Mantenimiento y mejora de las instalaciones en los edificios* Ediciones Paraninfo S.A.
- De Simon Martín, M., Diez Suárez, A., González Martínez, A., Vega Barrallo, B., De la Puente Gil, Á., & De Souza Díaz, L. (2017). *Eficiencia energética en las instalaciones de climatización en los edificios*. Ediciones Nobel S.A.
- ESCAN S.A. (2006). *Guía Técnica de Iluminación Eficiente. Sector Residencial y Terciario*. Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid. <http://www.madrid.org/bvirtual/BVCM005639.pdf>
- Gallardo Vázquez, S. (2019). *Configuración de instalaciones domóticas y automáticas* (2da ed.). Ediciones Paraninfo.
- García Márquez, V., González Jiménez, J., & Gonzáles Pérez, J. (2013). *Promoción del uso eficiente de la energía en edificios. ENAC0108*. IC Editorial.
- Giraldo, W. (2014). *Campus Carbono Neutral*. Universidad San Martín de Porres.
- Gómez Morales, O. (2018). *Diseño de un sistema de control BMS (Building Management System), para la gestión del bus domótico HDL Buspro, para la generación de macrodatos basado en software libre [Tesis de Maestría, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]*. Cybertesis <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/8552>
- Guerrero Pérez, R. (2018). *Mantenimiento preventivo de sistemas domóticos e inmóticos*. IC Editorial.
- Guo, F., Tao, Y., Lan, T., Wang, S., & Arif, B. (2022). *Energy-Efficient Automatic Light Control System for Modern Urban City. Advances in Science, Technology & Innovation*. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-98423-6\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-030-98423-6_10)
- Gupta, A., & Johari, R. (2019). *IOT based Electrical Device Surveillance and Control System. 4th International Conference on Internet of Things: Smart Innovation and Usages (IoT-SIU), 1-10*. doi:10.1109/IoT-SIU.2019.8777342

- Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Mc Graw Hill.  
<https://repositoriobibliotecas.uv.cl/handle/uvsc/1385>
- Hernández, C. (2018). *Las energías renovables en la comunidad de Madrid*. Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid.  
<https://www.fenercom.com/wp-content/uploads/2018/03/Las-Energias-Renovables-en-la-Comunidad-de-Madrid-fenercom-2018.pdf>
- Hoshimov, F., Bakhadirov, I., Alimov, A., & Erejepov, M. (2020). Forecasting the electric consumption of objects using artificial neural networks. *E3S Web of Conferences*, <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202021601170>
- Huamán Rojas, J. (2017). *Control inteligente de sistemas e iluminación en edificios [Tesis de Maestría, Universidad de Piura]*. Repositorio Institucional <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/2897>
- Interconsulting Bureau S.L. (2015). *Aprovechamientos de energías renovables*. Bogotá, Colombia: ICB Editores.
- Khadidja, B., Amine, B., & Noureddine, B. (2019). Control and supervision of a solar electric system. *International Journal of Power Electronics and Drive System 10 (4)*, 2096-2100. doi:10.11591/ijpeds.v10.i4.pp2096-2100
- Laidi, R., Djenouri, D., & Ringel, M. (2019). Commercial Technologies for Advanced Light Control in Smart Building Energy Management Systems. *Energy and Power Engineering*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1907.10429>
- Larrea, M., Porto, A., Irigoyen, E., Barragán, A., & Andújar, J. (2021). Extreme learning machine ensemble model for time series forecasting boosted by PSO: Application to an electric consumption problem. *Neurocomputing 542*, 465-472. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2019.12.140>
- Lawson, L. (2018). *¿Qué es la energía renovable?: Definir el problema*. The Rosen Publishing Group.
- Lestari, U., Fatkhiyah, E., & Feb, A. (2018). Application of home light control system applications using Arduino with mobile based wifi media.

*International Journal of Information System and Computer Science 2 (2)*, 1-10. doi: 10.56327/ijscs.v2i2.606

Lu, Y., Jiang, Z., Chen, C., & Zhuang, Y. (2021). Energy efficiency optimization of field-oriented control for PMSM in all electric system. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2021.101575>

Martínez Lago, Á. (2015). *Calificación energética de los edificios - UF0570*. Editorial Elearning. [https://www.editorialelearning.com/catalogo/media/iverve/uploadpdf/1525966773\\_UF0570\\_demo.pdf](https://www.editorialelearning.com/catalogo/media/iverve/uploadpdf/1525966773_UF0570_demo.pdf)

Maskarenj, M., Banerjee, R., & Ghosh, P. (2018). A low cost sky-scanning device as centralized sensor for realtime light control in building management application. *Light, Energy and the Environment 3 (2)*, 1-3. <https://doi.org/10.1364/EE.2018.ET3A.2>

Ministerio del Ambiente. (2019). *Plataforma digital única del Estado Peruano*. <https://www.gob.pe/institucion/minam/noticias/27113-estado-peruano-ahorra-unos-s-75-millones-gracias-a-medidas-de-ecoeficiencia-aplicadas-en-instituciones-publicas>

Ministerio de Energía de Minas (2017) Decreto Supremo N° 009-2017. Por lo cual *aprueban el Reglamento Técnico sobre el etiquetado de eficiencia energética para equipos energéticos*. <https://minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGEE/eficiencia%20energetica/Normativa/ Etiquetado/DS%20009-2017-EM%20Reglamento%20Tecnico%20de%20Etiquetado%20de%20Eficiencia%20Energetica.pdf>

Mora García, J. (2018). *Montaje de los cuadros de control y dispositivos eléctricos y electrónicos de los sistemas domóticos e inmóticos*. (2da ed.) IC Editorial. <https://es.scribd.com/read/494618597/Montaje-de-los-cuadros-de-control-y-dispositivos-electricos-y-electronicos-de-los-sistemas-domoticos-e-inmoticos-ELEM0111>

- Moreano Sánchez, G., Cajamarca Villa, J., Lalón Asqui, C., & Tobar Escobar, J. (2021). Sistema de control para eficiencia energética y confort lumínico. *Polo del Conocimiento*. 6 (5), 261-283 doi:10.23857/pc.v6i5.2654
- Ñaupas, H., Valdivia, M., Jesús, P., & Romero, E. (2018). *Metodología de la investigación cuantitativa - cualitativa y redacción de tesis*. Ediciones de la U. (4ta ed.) <https://fdiazca.files.wordpress.com/2020/06/046.-mastertesis-metodologicc81a-de-la-investigaciocc81n-cuantitativa-cualitativa-y-redacciocc81n-de-la-tesis-4ed-humberto-ncc83aupas-paitacc81n-2014.pdf>
- Osinermin. (2018). Revista Semestral N°2 una visita a Japón llena de expectativas para nuestro país. <https://issuu.com/fiseperu/docs/revista-semestral-fise-2018-ii>
- Pinaya, H., Alcides, G., & Vasquez, R. (2017). Demand of electric energy in Bolivia: A model Sarima-Garch & Arn. *Economía Coyuntural y Perspectiva* [http://www.scielo.org.bo/pdf/ec/v2n1/v2n1\\_a04.pdf](http://www.scielo.org.bo/pdf/ec/v2n1/v2n1_a04.pdf)
- Príncipe Cotillo, G. (2018). *La investigación científica. Teoría y metodología*. Fondo Editorial de la Universidad Jaime Bausate y Meza. [https://repositorio.bausate.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14229/36/Tacillo\\_Metodolog%C3%ADa\\_de\\_la\\_Investigaci%C3%B3n.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.bausate.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14229/36/Tacillo_Metodolog%C3%ADa_de_la_Investigaci%C3%B3n.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Ramírez Agudo, M. (2020). *Eficiencia Energética*. Editorial Elearning S.L. (1ra ed.) [https://books.google.com.pe/books?id=YCn-DwAAQBAJ&printsec=frontcover&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=YCn-DwAAQBAJ&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)
- Rey Martínez, F., Velasco Gómez, E., & Rey Hernández, J. (2018). *Eficiencia energética de los edificios. Certificación energética*. Ediciones Paraninfo SA.
- Rey Martínez, F., Velasco Gómez, E., Rey Hernández, J., San José Alonso, J., Tejero Gonzales, A., & Esquivias Fernández, P. (2020). *Diseño y gestión de edificios próximos a cero energía nZEB*. Ediciones Paraninfo. (1ra ed.) [https://books.google.com.pe/books?id=cVUFEAAAQBAJ&printsec=frontcover&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=cVUFEAAAQBAJ&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)

- Rivera Murillo, R. (2019). *Análisis y Propuesta de un Sistema de Gestión Inteligente del Alumbrado Público en Guayaquil [Tesis de Maestría, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil]*. Cybertesis.  
<http://201.159.223.180/handle/3317/14023>
- Romero Morales, C. (2014). *Domótica e inmótica. Viviendas y Edificios Inteligentes*. Alfaomega. (4ta ed.)
- Sá Lago, A. (2015). *Aplicaciones del LED en diseño de iluminación*. (1ra ed.) MARCOMBO S.A <https://es.scribd.com/read/454802807/Aplicaciones-del-LED-en-diseno-de-iluminacion>
- Serra, J. (2008). *Guía técnica de eficiencia energética eléctrica*. Editorial Circutor (3ra ed.) [https://circutor.com/docs/GUIA\\_EEE\\_SP-LR.pdf](https://circutor.com/docs/GUIA_EEE_SP-LR.pdf)
- Socconini Pérez, L., & Martín Gómez, J. (2019). *Lean Energy 4.0. Guía de implementación*. Marge Books.
- Sowa, S. (2018). An improvement in the energetic efficiency of a building using daylight in the light control system. *E3S Web of Conferences* 45, 1-7.  
<https://doi.org/10.1051/e3sconf/20184500115>
- Torres Vargas, M. (2019). *Sistema automatizado de control de iluminación y su relación con el ahorro eléctrico en el pabellón de estudios generales de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura. [Tesis de Maestría, Universidad San Martín de Porres]*. Repositorio Institucional  
<https://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/6041>
- UNE-EN 60598-1. (2015). *Norma Técnica de Luminarias*. Oficina de Normalización Española. [https://www.aserluz.org/wp-content/uploads/2016/03/UNE-EN\\_60598-12005.pdf](https://www.aserluz.org/wp-content/uploads/2016/03/UNE-EN_60598-12005.pdf)
- Universidad San Martín de Porres. (2010). *Boletín de la Facultad de Medicina Humana*.  
[https://medicina.usmp.edu.pe/medicina/publicaciones/BOLETIN\\_VOL2\\_N2.pdf](https://medicina.usmp.edu.pe/medicina/publicaciones/BOLETIN_VOL2_N2.pdf)
- Universidad San Martín de Porres. (2012). *Informe Final de Evaluación Externa*.  
<http://www.acsug.es/sites/default/files/IF%20FMH.pdf>

- Universidad San Martín de Porres. (2015). *Lineamientos Generales para el Cuidado y Conservación del Ambiente*.  
<http://www.fcctp.usmp.edu.pe/documentos/normatividad/lineamiento-general.pdf>
- Valderrama, S. (2019). *Pasos para Elaborar Proyectos de investigación Científica (2da ed.)* Editorial San Marcos.  
<https://es.scribd.com/document/335731707/Pasos-Para-Elaborar-Proyectos-de-Investigacion-Cientifica-Santiago-Valderrama-Mendoza#>
- Vallejos Zuta, A. (2021). *Gestión estratégica del sistema eléctrico y la cultura de ahorro de energía en el complejo comercial Unicachi, Comas 2021 [Tesis de Maestría, Universidad Nacional del Callao]*. Repositorio Institucional  
<http://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/6160>
- Vázquez Serrano, F. (2020). *Conoce todo sobre Domótica e inmótica.: Viviendas y Edificios Inteligentes (3ra ed.)* Trialtea USA.
- Villazón Godoy, R., & Felipe Rodríguez, D. (2020). *Sistemas de habitabilidad: principios técnicos del proyecto de arquitectura (1ra ed.)* Ediciones Uniandes. <https://es.scribd.com/read/651136683/Sistemas-de-Habitabilidad-Principios-tecnicos-del-proyecto-de-arquitectura>
- Yan, P., & Wang, J. (2022). Intelligent Street Light Control System Based on Fuzzy Control Technology. *Academic Journal of Computing & Information Science* 5 (4), 35-40. doi:10.25236/AJCIS.2022.050406
- Zhuang, Y., Lu, Y., Huang, Z., Wu, X., & Chen, J. (2022). Circuit and control strategy optimization of solid-state power controller for all-electric system. *Sustainable Energy Technologies and Assessments* 52 (Part B), 102157. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2022.102157>



## **ANEXOS**

**MATRIZ DE CONSISTENCIA**

MATRIZ DE CONSISTENCIA					
Título de la investigación	<b>SISTEMA DE CONTROL LUMÍNICO PARA REDUCIR EL CONSUMO ELÉCTRICO DEL PABELLÓN DE ESPECIALIDADES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA DE LA UNIVERSIDAD SAN MARTÍN DE PORRES, LIMA, 2019</b>				
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES		
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE (X)	DIMENSIÓN	INDICADOR
¿En qué medida el sistema de control lumínico se relaciona con la reducción del consumo eléctrico del pabellón de Especialidades de FIA de la USMP?	Determinar en qué medida el sistema de control lumínico se relaciona con la reducción del consumo eléctrico del pabellón de Especialidades de FIA de la USMP.	El sistema de control lumínico se relaciona directamente con la reducción del consumo eléctrico del pabellón de Especialidades de la FIA de la USMP.	Sistema de control lumínico	Sistema de gestión del edificio (BMS)	Control de equipos de iluminación
					Calidad de equipos de iluminación
					Supervisión del sistema total
				Sistema de gestión en recintos (RMS)	Control de equipos de iluminación
					Calidad de equipos de Iluminación
					Supervisión del sistema parcial
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	VARIABLE (Y)	DIMENSIÓN	INDICADOR
¿Cómo el sistema de gestión del edificio (BMS) se relaciona con la reducción de la potencia eléctrica del pabellón de Especialidades de la FIA de la USMP?	Determinar cómo el sistema de gestión del edificio (BMS) se relaciona con la reducción de la potencia eléctrica del pabellón de Especialidades de la FIA de la USMP.	El sistema de gestión del edificio (BMS) se relaciona directamente con la reducción de la potencia eléctrica del pabellón de Especialidades de la FIA de la USMP.	Consumo eléctrico	Potencia eléctrica	Funcionamiento de los equipos de iluminación
					Cantidad de equipos de iluminación
					Intensidad de los equipos de iluminación
¿De qué manera el sistema de gestión de recintos (RMS) se relaciona con la reducción del consumo eléctrico en el tiempo de uso de los recintos del pabellón de Especialidades de la FIA de la USMP?	Determinar de qué manera el sistema de gestión de recintos (RMS) se relaciona con la reducción del tiempo de uso de los recintos del pabellón de Especialidades de la FIA de la USMP.	El sistema de gestión de recintos (RMS) se relaciona directamente con el tiempo de uso de los recintos del pabellón de Especialidades de la FIA de la USMP.		Tiempo de uso de los Recintos	Académicos
					Servicios
					Circulaciones y accesos

## Cuestionario del sistema de control lumínico

N°	Descripción	Escala				
		Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Indeciso	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
		1	2	3	4	5
	<b>Sistema de gestión del edificio (BMS)</b>					
1	El sistema de BMS permite el adecuado control de equipos de iluminación	3.3%	26.7%	33.3%	23.3%	13.3%
2	El sistema de control lumínico evalúa de forma correcta los equipos de iluminación	10.0%	16.7%	36.7%	20.0%	16.7%
3	El sistema BMS toma en cuenta la calidad de equipos de iluminación	6.7%	33.3%	26.7%	30.0%	3.3%
4	La calidad de equipos de iluminación se mantiene mediante el sistema de control lumínico	13.3%	33.3%	20.0%	20.0%	13.3%
5	El sistema BMS permite la supervisión del sistema total	10.0%	13.3%	33.3%	23.3%	20.0%
6	La supervisión del sistema total se enmarca dentro del sistema de control lumínico	3.3%	16.7%	43.3%	20.0%	16.7%
	<b>Sistema de gestión en recintos (RMS)</b>					
7	El sistema de RMS permite el adecuado control de equipos de iluminación	3.3%	23.3%	33.3%	30.0%	10.0%
8	El control de los equipos de iluminación se realiza considerando las condiciones del recinto	3.3%	36.7%	33.3%	23.3%	3.3%
9	El sistema RMS toma en cuenta la calidad de equipos de Iluminación	10.0%	26.7%	30.0%	20.0%	13.3%
10	La calidad de los equipos de iluminación no se ve afectada por las condiciones del recinto	10.0%	26.7%	6.7%	40.0%	16.7%
11	El sistema RMS permite la supervisión del sistema parcial	10.0%	23.3%	30.0%	20.0%	16.7%
12	El sistema de supervisión parcial es el adecuado en la actualidad	10.0%	10.0%	20.0%	46.7%	13.3%

## Cuestionario de consumo energético

N°	Descripción	Escala				
		Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Indeciso	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
		1	2	3	4	5
	<b>Potencia eléctrica</b>					
1	El Funcionamiento de los equipos de iluminación impacta en el consumo de la potencia eléctrica	13.3%	20.0%	30.0%	26.7%	10.0%
2	En la actualidad se cuenta con un adecuado funcionamiento de los equipos de iluminación	13.3%	20.0%	43.3%	10.0%	13.3%
3	La cantidad de equipos de iluminación es correcta para un consumo óptimo	6.7%	20.0%	40.0%	20.0%	13.3%
4	La potencia eléctrica se ve influida por la cantidad de equipos de iluminación	13.3%	20.0%	26.7%	23.3%	16.7%
5	La Intensidad de los equipos de iluminación se refleja en la potencia eléctrica	6.7%	13.3%	26.7%	40.0%	13.3%
6	En los últimos meses se refleja un buen cuidado en la intensidad de los equipos de iluminación	16.7%	23.3%	30.0%	13.3%	16.7%
	<b>Tiempo de uso de recintos</b>					
7	El consumo de los ambientes académicos influye en el uso de energía global	3.3%	16.7%	33.3%	26.7%	20.0%
8	El uso de energía en ambientes académicos es óptimo	10.0%	33.3%	33.3%	16.7%	6.7%
9	El consumo de servicios influye en el uso de energía global	13.3%	20.0%	33.3%	30.0%	3.3%
10	El uso de energía en ambientes de servicios es óptimo	10.0%	40.0%	26.7%	16.7%	6.7%
11	El consumo en circulaciones y accesos influye en el uso de energía global	10.0%	16.7%	40.0%	23.3%	10.0%
12	El uso de energía en ambientes de circulaciones y accesos es óptimo	10.0%	30.0%	20.0%	33.3%	6.7%