



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE  
DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN  
CARRERA DE ARQUITECTURA**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA  
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
ARQUITECTO**

**TEMA**

**DISEÑO SOSTENIBLE PARA LA EFICIENCIA ENERGÉTICA  
DE ILUMINACIÓN UTILIZANDO EFECTO PIEZOELÉCTRICO  
EN LOS BLOQUES FIIC DE LA ULVR**

**TUTOR**

**MGP. ING. ÁNGEL ALAN VALENCIA BURGOS**

**AUTORES**

**EDUARDO LUIS CHILA PACHECO  
MEILING ROSARIO CHONG PROAÑO**

**GUAYAQUIL**

**2019**

## REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

### FICHA DE REGISTRO DE TESIS

**TÍTULO Y SUBTÍTULO:**

Diseño sostenible para la eficiencia energética de iluminación utilizando efecto piezoeléctrico en los bloques FIIC de la ULVR

**AUTORES:**

Chila Pacheco Eduardo Luis  
Chong Proaño Meiling Rosario

**REVISORES O TUTORES:**

Valencia Burgos Ángel Alan, Mgp. Ing.

**INSTITUCIÓN:**

Universidad Laica Vicente  
Rocafuerte de Guayaquil

**Grado obtenido:**

Arquitecto

**FACULTAD:**

Facultad de ingeniería, Industria  
y Construcción

**CARRERA:**

Carrera de Arquitectura

**FECHA DE PUBLICACIÓN:**

2019

**N. DE PAGS:**

146

**ÁREAS TEMÁTICAS:**

Arquitectura y Construcción

**PALABRAS CLAVE:**

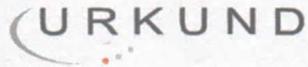
Diseño sostenible, eficiencia energética, iluminación, efecto piezoeléctrico

**RESUMEN:**

Este estudio tiene el objetivo de utilizar energía autónoma para evitar consumos excesivos y daños al medio ambiente, mediante el uso de baldosas piezoeléctricas las cuales consisten en el uso de cristales, naturales o artificiales, que al ser subyugados a arranques mecánicos sueltan cargas eléctricas, produciendo de tal manera energía sin costo, el problema actual consiste en el uso de luminarias convencionales como fluorescentes y la carencia de un control automatizado en el encendido y apagado de las mismas, más el uso irresponsable de equipos electrónicos provoca que esta institución consuma energía eléctrica desmesuradamente. El enfoque de esta investigación es cuali cuantitativo que mediante métodos y técnicas podrá obtener mejores resultados por medio de un previo análisis dirigido a un diseño sostenible para la eficiencia energética de iluminación utilizando efecto piezoeléctrico en los bloques FIIC de la ULVR. En donde los investigadores elaborarán un prototipo para generar energía eléctrica mediante la energía cinética que es canalizada en el caminar paso a paso. El ahorro económico permitirá llevar a cabo otras mejoras para la universidad, en un periodo aproximado de tres años, además de que se apunta a crear conciencia a la comunidad educativa respecto a generar energía sin contaminación mediante el uso apropiado y sostenible de los recursos, ya que se plantea que el efecto piezoeléctrico sea usado de forma general no solamente al sistema de

iluminación de los bloques, sino que reemplace en un futuro a todo el sistema de generación eléctrica de la universidad llegando a satisfacer todas sus necesidades. La propuesta y el estudio realizado en ella, demuestra la viabilidad y pertinencia de la misma, ya que los resultados obtenidos demuestran la eficiencia energética, que se traduce también al ahorro económico y la disminución del impacto ambiental.		
N. DE REGISTRO	N. DE CLASIFICACIÓN:	
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):		
ADJUNTO PDF:	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
CONTACTO CON AUTORES: Chila Pacheco Eduardo Luis Chong Proaño Meiling Rosario	Teléfono: 098 211 6649 099 667 2084	E-mail: louisward_28389@hotmail.com mei-2505@hotmail.com
CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:	MSc. Ing. Alex Bolívar Salvatierra Espinoza Decano Facultad de Ingeniería, Industria Y Construcción Teléfono: 04 2596500 Ext. 241 E-mail: asalvatierrae@ulvr.edu.ec	

# CERTIFICADO DE SIMILITUDES



## Urkund Analysis Result

Analysed Document: ARQUITECTURA TESIS EFICIENCIA ENERGETICA - Chila y Chong.docx (D49354832)  
Submitted: 3/19/2019 9:36:00 PM  
Submitted By: mduenasb@ulvr.edu.ec  
Significance: 2 %

### Sources included in the report:

TESIS14\_HAROREMIGIO.docx (D12342521)  
ROYECTO INTEGRADOR FINAL (JIMÉNEZ, QUEZADA,)VEGA.docx (D25443826)  
<https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/17315/>  
PFC\_Luis\_Miguel\_Cordoba\_Casado.pdf;jsessionid=ED1777AB30915E6BA8A72F138F2CE655?  
sequence=1  
<http://www.ecoavant.com/es/notices/2014/03/generar-electricidad-al-andar-1985.php>

### Instances where selected sources appear:

12

A handwritten signature in blue ink, appearing to be "A. Valencia Burgos".

Mgp. Ing. Ángel Alan Valencia Burgos  
C.I. 1204535775

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

Los estudiantes egresados **EDUARDO LUIS CHILA PACHECO Y MEILING ROSARIO CHONG PROAÑO**, declaramos bajo juramento, que la autoría del presente trabajo de investigación, corresponde totalmente a los suscritos y nos responsabilizamos con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedemos nuestros derechos patrimoniales y de titularidad a la UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL, según lo establece la normativa vigente.

Este proyecto se ha ejecutado con el propósito de estudiar el “Diseño sostenible para la eficiencia energética de iluminación utilizando efecto piezoeléctrico en los bloques FIIC de la ULVR”

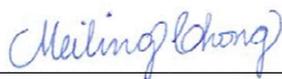
Autores



Firma: \_\_\_\_\_

Eduardo Luis Chila Pacheco

C.I. 0926386558



Firma: \_\_\_\_\_

Meiling Rosario Chong Proaño

C.I. 0950049981

## CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Proyecto de Investigación **“DISEÑO SOSTENIBLE PARA LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE ILUMINACIÓN UTILIZANDO EFECTO PIEZOELÉCTRICO EN LOS BLOQUES FIIC DE LA ULVR”**, designado por el Consejo Directivo de la Facultad de ingeniería, Industria y Construcción de la Universidad LAICA VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

### CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Proyecto de Investigación titulado: **“DISEÑO SOSTENIBLE PARA LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE ILUMINACIÓN UTILIZANDO EFECTO PIEZOELÉCTRICO EN LOS BLOQUES FIIC DE LA ULVR”** presentado por los estudiantes **EDUARDO LUIS CHILA PACHECO Y MEILING ROSARIO CHONG PROAÑO** como requisito previo, para optar al Título de ARQUITECTOS encontrándose apto para su sustentación.

Firma: \_\_\_\_\_



Mgp. Ing. Ángel Alan Valencia Burgos

C.I. 1204535775

## **AGRADECIMIENTO**

Me gustaría empezar agradeciendo a Dios ya que sin su gracia no hubiera sido posible estar vivos un día más o haber superado las pruebas y retos a lo largo de mi vida personal y carrera estudiantil.

Agradezco también a mis padres, abuelos y tíos quienes con mucho esfuerzo han aportado moral, económica y emocionalmente. Han sido el motor que me permitió seguir adelante, motivándome a no dejarme vencer y llevándome hasta el final de la senda.

Eduardo Luis Chila Pacheco

## **AGRADECIMIENTO**

Un agradecimiento especial para todos los investigadores y desarrolladores que de una u otra forma quieren mejorar la condición en la que usamos nuestros recursos naturales y gracias a sus descubrimientos se llegan a nuevas soluciones energéticas.

Meiling Rosario Chong Proaño

## **DEDICATORIA**

Dedico este logro con especial satisfacción a mi familia y amigos quienes me han apoyado incondicionalmente durante este trayecto y alrededor de mi vida académica. Va dedicado para aquellos compañeros que me ayudaron a continuar en la lucha y me dieron esas palabras de aliento ante el gran esfuerzo, para aquellos profesores quienes con su compromiso lograron impartir conocimiento, experiencia y me hicieron comprender y asumir la responsabilidad que implica trabajar y estudiar paralelamente con el único fin de alcanzar esta meta. Al igual que ellos existen muchas más personas valiosas que el Señor ha colocado en mi camino y cuya presencia ha sido importante, a todos ellos: gracias.

Eduardo Luis Chila Pacheco

## **DEDICATORIA**

Le dedico la presente investigación a mi madre, no hay un día en la que ella no demuestre fortaleza, amor, y predisposición ante todas las circunstancias que se le presenten. Estos son los motores que nos ayudarán a prosperar y no debemos permitir que escaseen en lo que resta de nuestras vidas.

Meiling Rosario Chong Proaño

## ÍNDICE GENERAL

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA.....	II
CERTIFICADO DE SIMILITUDES .....	IV
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES... V	
CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR.....	VI
AGRADECIMIENTO .....	VII
DEDICATORIA.....	IX
ÍNDICE GENERAL .....	XI
ÍNDICE DE TABLAS.....	XV
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	XVI
ABREVIATURAS.....	XVII
INTRODUCCIÓN .....	1
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>3</b>
<b>DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>3</b>
1.1. Tema.....	3
1.2. Planteamiento del problema.....	3
1.3. Formulación del problema. ....	4
1.4. Sistematización del problema. ....	4
1.5. Objetivo general.....	4
1.6. Objetivos específicos. ....	4
1.7. Justificación. ....	5
1.8. Delimitación del problema.....	6
1.9. Hipótesis.....	6
1.10. Variables Independientes: .....	6
1.11. Variables Dependientes:.....	6
<b>CAPÍTULO II .....</b>	<b>7</b>
<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>7</b>
2.1. Marco teórico.....	7
2.1.1. Antecedentes .....	7
2.1.2. Historia de la piezoelectricidad.....	8
2.2. Marco conceptual.....	12
2.2.1. Diseño sostenible .....	12
2.2.2. Diseño sostenible y arquitectura .....	13
2.2.3. Las medidas de diseño más eficaces .....	14
2.2.4. Eficiencia energética .....	15

2.2.5.	La iluminación y el consumo energético.....	16
2.2.6.	Consejos de utilización: .....	17
2.2.7.	Electricidad .....	17
2.2.8.	Consumo energético y su relación con el impacto ambiental .....	18
2.2.9.	Luz-natural .....	18
2.2.10.	Efecto piezoeléctrico.....	19
2.2.11.	Usos.....	21
2.2.12.	Arquitectura del circuito de captación de energía.....	22
2.2.13.	Baldosa piezoeléctrica.....	25
2.2.14.	Restricciones de los materiales piezoeléctricos .....	26
2.2.15.	Pavegen .....	28
2.3.	Marco conceptual técnico .....	29
2.3.1.	Demanda Energética .....	29
2.3.2.	Eficiencia Energética .....	30
2.3.3.	Diseño energético sostenible.....	30
2.3.4.	Efecto Piezoeléctrico.....	30
2.3.5.	kWh.....	30
2.3.6.	GWh.....	31
2.3.7.	La energía estática.....	31
2.3.8.	Impulso mecánico .....	31
2.3.9.	Generación de energía a través de caminar.....	32
2.3.10.	Baldosa piezoeléctrica.....	32
2.3.11.	Tensión eléctrica por deformación.....	33
2.3.12.	Intensidad de corriente .....	33
2.3.13.	Tensión del generador de impulsos.....	34
2.4.	Marco legal .....	34
2.4.1.	NEC-11 Capitulo 13 – Eficiencia energética en la construcción .....	36
2.4.2.	Valor de Eficiencia Energética de la Instalación VEEI .....	37
2.4.3.	Sistemas de control y regulación.....	38
	<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>40</b>
	<b>METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>40</b>
3.1.	Métodos.....	40
3.1.1.	Método Hipotético Deductivo .....	40
3.1.2.	Método experimental .....	40
3.2.	Tipos de Investigación .....	40
3.2.1.	Investigación Exploratoria. ....	40

3.2.2.	Investigación Descriptiva.....	41
3.2.3.	Investigación de campo.....	41
3.2.4.	Investigación Documental o Bibliográfica.....	41
3.3.	Enfoque .....	41
3.4.	Técnicas e Instrumentos.....	42
3.4.1.	Entrevista .....	42
3.4.2.	Encuestas.....	42
3.4.3.	Observación .....	42
3.5.	Población.....	43
3.6.	Muestra.....	45
3.7.	Análisis de los resultados .....	46
3.7.1.	Análisis de las entrevistas .....	46
3.7.2.	Análisis de las encuestas .....	48
	ENTREVISTA AL SUBDECANO .....	49
	ENTREVISTA AL PERSONAL DE MANTENIMIENTO.....	51
	ENCUESTA REALIZADA A LOS ESTUDIANTES DE LA ULVR.....	53
	FICHA DE OBSERVACIÓN.....	61
	<b>CAPITULO IV .....</b>	<b>62</b>
	<b>INFORME FINAL O PROPUESTA.....</b>	<b>62</b>
4.1.	Propuesta y validación .....	62
4.2.	Esquema funcional de la propuesta.....	62
4.3.	Criterios del proyecto.....	63
4.4.	Diseño actual.....	63
4.5.	Costo total actual de consumo de los edificios FIIC.....	65
4.6.	Resultado del consumo eléctrico.....	66
4.7.	Análisis costo beneficio .....	66
4.8.	Nuevo diseño.....	66
4.8.1.	Propuesta de luminarias .....	67
4.8.2.	Iluminancia horizontal media mantenida .....	67
4.8.3.	Coeficiente de utilización.....	67
4.8.4.	Coeficiente de mantenimiento.....	69
4.8.5.	Resultado distribución lumínica.....	70
4.8.6.	Materiales.....	70
4.9.	Resultado del cambio de luminarias .....	73
4.10.	Resultado del ahorro producido .....	74
4.11.	Ubicación de las baldosas piezoeléctricas.....	74

4.12. Análisis costo beneficio .....	75
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>79</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>81</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>82</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>91</b>
<b>ANEXO 1 FORMATO DE ENTREVISTA.....</b>	<b>91</b>
<b>ANEXO 2 FORMATO DE ENCUESTA.....</b>	<b>93</b>
<b>ANEXO 3 FOTOS. INGRESO ACTUAL BLOQUES FIIC.....</b>	<b>95</b>
<b>ANEXO 4 FOTOS. IMPLEMENTACIÓN DE BALDOSAS .....</b>	<b>96</b>
<b>ANEXO 5 PLANOS.....</b>	<b>97</b>
Plano general de la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil. Bloques FIIC .....	97
Plano de ubicación de baldosas. Bloque de Ingeniería Civil de la ULVR.....	98
Plano de ubicación de baldosas. Bloque de Arquitectura de la ULVR.....	99
Plano de ubicación de baldosas. Fachadas.....	100
Detalle general de sistema de baldosas. ....	102
Detalle del sistema piezoeléctrico y captación de energía. ....	103
Detalle de cuarto de baterías. Almacenamiento de energía. ....	104
Detalle de medidas de baldosas piezoeléctricas.....	105
<b>ANEXO 6 CÁLCULOS.....</b>	<b>106</b>
Levantamiento luminotécnico actual .....	106
Cálculo de potencia consumida del sistema actual .....	110
Nuevo cálculo de luminotecnia por medio del método de lúmenes.....	114
Propuesta de nuevas luminarias .....	118
Cálculo de potencia consumida del sistema propuesto – Luces LED.....	122
Diferencias entre potencias del sistema actual y nuevo diseño de luminotecnia .....	126

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Tasas de envejecimiento de los materiales piezoeléctricos.....	27
Tabla 2 Límites de tracción para algunos materiales piezoeléctricos .....	27
Tabla 3 Iluminancia media mantenida para edificios educativos: .....	38
Tabla 4 Población .....	44
Tabla 5 Muestra .....	45
Tabla 6 Análisis de las entrevistas .....	47
Tabla 7 Iluminación en los bloques FIIC.....	53
Tabla 8 Problemas con la iluminación.....	54
Tabla 9 Aspectos de confort.....	55
Tabla 10 Relevancia sobre los recursos eléctricos en aulas.....	56
Tabla 11 Energías renovables como alternativa .....	57
Tabla 12 Generadores eléctricos que generen contaminación.....	58
Tabla 13 Conocimiento sobre baldosas piezoeléctricas.....	59
Tabla 14 Implementación de un nuevo sistema eléctrico .....	60
Tabla 15 Bloque Civil.....	64
Tabla 16 Bloque de Arquitectura .....	64
Tabla 17 Costos de consumo actual de los edificios FIIC .....	65
Tabla 18 Consumo eléctrico actual.....	66
Tabla 19 Coeficiente de reflexión aproximados .....	68
Tabla 20 Correlación.....	69
Tabla 21 Coeficiente de mantenimiento .....	69
Tabla 22 Propuesta de luminarias en los bloques .....	70
Tabla 23 Potencia instalada .....	71
Tabla 24 Control eléctrico .....	72
Tabla 25 Costo luminarias Leds.....	72
Tabla 26 Comparativo del sistema tradicional y el sistema LED .....	73
Tabla 27 Cálculo de importación.....	75
Tabla 28 Costo de inversión baldosas.....	76
Tabla 29 Costo de inversión baldosas – Opción 2.....	77

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Ubicación sectorial Edificios FIIC .....	8
Gráfico 2 Energy Harvesting. ....	23
Gráfico 3 Respuesta del elemento piezoeléctrico: .....	24
Gráfico 4 Esquema del Buck converter LTC3588-1.....	24
Gráfico 7 Iluminación en los bloques FIIC.....	53
Gráfico 8 Problemas con la iluminación.....	54
Gráfico 9 Aspectos de confort .....	55
Gráfico 10 Relevancia sobre los recursos eléctricos en aulas.....	56
Gráfico 11 Energías renovables como alternativa .....	57
Gráfico 12 Generadores eléctricos que generen contaminación .....	58
Gráfico 13 Conocimiento sobre baldosas piezoeléctricas.....	59
Gráfico 14 Implementación de un nuevo sistema eléctrico .....	60

## ABREVIATURAS

**ULVR** Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil

**FIIC** Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción

**EEUU** Estados Unidos

**AIA** American Institute of Architects

**CO<sub>2</sub>** Dióxido de carbono

**LED** Diodo Emisor de Luz

**CC** Corriente continua

**CA** Corriente alterna

**V** Voltaje o tensión

**V<sub>p</sub>** Tensión pico

**μm** Micras

**PZT** Titanato de circonato de plomo

**PSI** Pounds-force Per Square Inch

**W** Vatios (V)

**kW** Kilovatio (kV)

**kWh** Kilovatio-hora

**GWh** Gigavatio/hora

**LOES** Ley Orgánica de Educación Superior

**NTE** Norma Técnica Ecuatoriana

**PHVA** Planificar, Hacer, Verificar y Actuar

**CONELEC** Consejo Nacional de electricidad

**NEC** Norma Ecuatoriana de la Construcción

**VEEI** Valor de Eficiencia Energética de la Instalación

**E<sub>m</sub>** Luminancia media mantenida

**C<sub>u</sub>** Coeficiente de utilización

**C<sub>m</sub>** Coeficiente de mantenimiento

**AD-VALOREM** Arancel Cobrado a las Mercancías

**FODINFA** Fondo de Desarrollo de la Infancia

**ICE** Impuesto a los Consumos Especiales

## INTRODUCCIÓN

El progreso de la ciudad de Guayaquil se ha visto modificado con el pasar del tiempo, desde sus inicios con las construcciones de caña y el uso del fuego como sistema iluminativo hasta la llegada de los españoles en donde el uso de la madera, diseño de puertas y balcones galantes, entre otras creaciones importantes como la creación de luminarias, forman parte muy esencial en las construcciones de la ciudad.

El uso de luminarias con velas provocó que la ciudad fuera consumida por algunos incendios, siendo reconstruida casi en su totalidad y posteriormente la municipalidad con nuevas resoluciones y normativas impuso distintos materiales de construcción que transformaron las edificaciones en áreas más resistentes; el hormigón armado se convierte en el nuevo sistema constructivo de confianza, acompañado del levantamiento de muros macizos, ambientes cerrados y disminución de ventanales por la seguridad de los inmuebles, así como el uso de las bombillas incandescentes, fluorescentes y acondicionadores de aire para confortar los ambientes calurosos.

Este conjunto de mejoras conlleva a un solo resultado; el consumo y dependencia energética para un desempeño adecuado. Este consumo de energía que principalmente proviene de fuentes no renovables que atrae consigo importantes consecuencias, no solo porque demanda un alto crecimiento económico de la ciudad y el país, sino que, debido al consumo desmedido de energía, éste produce gases tóxicos para la vida y de efecto invernadero, contribuyendo significativamente al cambio climático y ocasionando efectos dañinos para el bienestar de la población y el medio que los rodea.

El objetivo de esta investigación se basa en utilizar energía autónoma para evitar consumos excesivos y daños al medio ambiente, el cual se realizará mediante el uso de baldosas piezoeléctricas las cuales consisten en el uso de cristales, naturales o artificiales, que al ser subyugados a arranques mecánicos sueltan cargas eléctricas. Por lo tanto, los investigadores elaborarán un prototipo para generar energía eléctrica mediante la energía cinética que es canalizada en el caminar paso a paso.

La elaboración de este proyecto se desarrollará bajo los siguientes parámetros:

**Capítulo I:** Diseño de la investigación. - En este capítulo se plantearán los inconvenientes que se han presentado, y las razones por la cual se elabora este proyecto

de tal manera que, se establecerán la problemática, objetivos, la justificación para dar a conocer los problemas de energía e iluminación que se presentan en la ULVR.

**Capítulo II:** Marco teórico. - Este capítulo trata de explicar mediante las diferentes definiciones relevantes basado en información real que permitirá al investigador comprender de mejor manera los hechos.

**Capítulo III:** Metodología de la investigación. - Este proceso permitirá al investigador utilizar los recursos como métodos y técnicas pertinentes para obtener información que serán utilizados para la realización de la propuesta y resolver de una forma más adecuada la problemática presentada.

**Capítulo IV:** Propuesta. - La propuesta de la tesis permitirá brindar una solución con la colaboración de los capítulos anteriores para establecer las alternativas para una correcta implementación de las baldosas piezoeléctricas en los bloques FIIC de la ULVR.

# CAPÍTULO I

## DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.1. Tema.

Diseño sostenible para la eficiencia energética de iluminación utilizando efecto piezoeléctrico en los bloques FIIC de la ULVR.

### 1.2. Planteamiento del problema.

La universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, tuvo la construcción de su nuevo campus en el año 1976, la construcción es de hormigón armado con mamposterías de bloque y losas macizas, conformada hoy en día por cinco bloques educativos de los cuales dos pertenecen a la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción, unificados en el año 2014. Los bloques a pesar de aprovechar de algún modo los factores bioclimáticos como el sol y los vientos, presentan una insuficiencia de confort térmico que ocasiona la dependencia de acondicionadores de aire para regularizar el clima interior de los ambientes como laboratorios, aulas, oficinas y otros.

En la FIIC se encuentran las carreras de Ingeniería Civil y Arquitectura en las jornadas diurna y nocturna, cuenta con aproximadamente 1536 estudiantes de ambas carreras, según un estudio se establece un total de 326 luminarias entre los dos bloques, omitiendo el uso de los aparatos de tipo multimedia, como PCs, proyectores de pantallas, conectores para laptops entre otros.

El uso de luminarias convencionales como fluorescentes en los pasillos y escaleras de cada nivel no posee un control automatizado en el encendido y apagado, lo que provoca el consumo desmesurado de energía eléctrica para la institución.

Se establece que la potencia instalada de estas luminarias es de 42,397 vatios/hora y su demanda eléctrica varía de acuerdo a su tiempo de uso, que es aproximadamente de 12 horas diarias donde permanecen encendidas. Esto da como resultado una potencia consumida de 482,175 vatios/día y 9,644 Kilovatios al mes. En efecto, el costo mensual de la iluminación actual es de aproximadamente \$1,593.31 dólares, por un periodo de 12 meses resulta un valor de \$19,119.71 al primer año.

Se enfatiza que estos costos son muy elevados debido a que en muchas ocasiones los pasillos permanecen encendidos y no son utilizados. De tal manera que

mediante la eficiencia energética de iluminación con el efecto piezoeléctrico en los bloques FIIC de la ULVR el ahorro del consumo eléctrico será significativo de modo que principalmente se minimizará el impacto ambiental a lo largo de su ciclo de vida, y se podrá crear un mejor entorno con la utilización de luces más eficientes y una adaptación controlada. De forma, que logre una reducción de los costos de mantenimiento convirtiéndose en un sistema eficaz y perdurable.

### **1.3. Formulación del problema.**

¿Qué diseño se ajusta a las condiciones actuales de los bloques FIIC de la ULVR para mejorar el sistema de iluminación, optimice los recursos energéticos y cumpla con los principios de arquitectura sostenible?

### **1.4. Sistematización del problema.**

- ¿Cuáles son las condiciones físicas, climáticas y funcionales de los bloques?
- ¿Que influye de forma negativa al consumo energético del sistema iluminativo actual?
- ¿Cuál es la potencia instalada de la iluminación actual de los bloques?
- ¿Cuál es la demanda energética de la iluminación actual de los bloques?
- ¿Qué beneficios tiene el efecto piezoeléctrico?
- ¿Cuáles son las aplicaciones del efecto piezoeléctrico en los sistemas eléctricos?

### **1.5. Objetivo general.**

Diseñar un modelo arquitectónico sostenible con efecto piezoeléctrico en el sistema de iluminación de los bloques FIIC de la ULVR para la eficacia del consumo de energía eléctrica generada de forma tradicional y promoción de la eficiencia energética.

### **1.6. Objetivos específicos.**

- Examinar las diferentes condiciones de los bloques FIIC de la ULVR para saber las falencias en el consumo energético del sistema iluminativo actual.

- Detectar la potencia instalada y el consumo eléctrico de iluminación mediante un análisis energético actual desglosado, partiendo de un levantamiento de campo y de datos proporcionados por los bloques.
- Investigar las especificaciones y beneficios del efecto piezoeléctrico para que pueda ser empleado en un diseño vinculado al sistema de iluminación.
- Elaborar una propuesta de implementación sostenible mediante el efecto piezoeléctrico en el sistema de iluminación de los bloques FIIC de la ULVR.

### **1.7. Justificación.**

Al promover la eficiencia energética de iluminación con el efecto piezoeléctrico en los bloques FIIC de la ULVR el ahorro del consumo eléctrico será significativo de modo que principalmente se minimizará el impacto ambiental a lo largo de su ciclo de vida, y se podrá crear un mejor entorno con la utilización de luces más eficientes y una adaptación controlada. De tal forma, que logre una reducción de los costos de mantenimiento convirtiéndose en un sistema eficaz y perdurable.

El ahorro económico permitirá llevar a cabo otras mejoras para la universidad y, por ende, generación de plazas de trabajos, además de que se apunta a crear conciencia en los habitantes en el que puedan generar energía sin contaminación mediante el uso apropiado y sostenible de los recursos. En un periodo a largo plazo se plantea que el efecto piezoeléctrico sea usado no solamente en la facultad, sino que reemplazará a todo el sistema de iluminación interior y exterior de la universidad, llegando a satisfacer el consumo energético de la misma.

Por lo tanto, también es probable que en un futuro las normativas y políticas sobre eficiencia energética en las edificaciones promuevan la rehabilitación energética de edificios educacionales, que son de gran importancia por su alto consumo energético. La eficacia de este diseño sostenible para la eficiencia energética de iluminación será de primera mano a nivel de los bloques FIIC de la ULVR, no obstante, se podrá establecer un antecedente de los edificios educativos de la facultad y otras universidades, e instituciones educativas, direccionado al ahorro de energía mediante el uso de la fuerza mecánica que será producida por los usuarios que transiten por esas zonas.

### **1.8. Delimitación del problema.**

<b>Campo:</b>	Educación Superior Pregrado
<b>Área:</b>	Arquitectura
<b>Aspecto:</b>	Investigación aplicada - exploratoria
<b>Tema:</b>	“Diseño sostenible para la eficiencia energética de Iluminación utilizando efecto piezoeléctrico en los Bloques FIIC de la ULVR”.
<b>Delimitación Espacial:</b>	Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción de la ULVR
<b>Delimitación Temporal:</b>	6 meses

### **1.9. Hipótesis**

Con el diseño sostenible para la eficiencia energética de iluminación a través del efecto piezoeléctrico aplicado al sistema de iluminación en los bloques FIIC de la ULVR, se contribuirá en la reducción de los consumos de energía eléctrica.

### **1.10. Variables Independientes:**

- Condición climática del entorno de los bloques
- Sistema de iluminación actual
- Diseño arquitectónico sostenible con efecto piezoeléctrico

### **1.11. Variables Dependientes:**

- Consumo energético
- Eficiencia energética
- Sensor para iluminación

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Marco teórico.**

##### **2.1.1. Antecedentes**

De acuerdo a Pachay, Jauregui & Mejía (2015) en su trabajo “Vivienda Bioclimática” la arquitectura bioclimática está conformada por cuatro puntos importantes los cuales son: lugar de ubicación, implementos, materia prima y eficiencia energética, con el objetivo de sacar provecho de los recursos. Por ende, es necesaria la orientación solar, estar prevenido de los campos electromagnéticos, de igual manera con los cambios geológicos y de las corrientes de agua.

Desde otra perspectiva respecto a la materia prima se debe considerar la ventaja para obtenerlos de forma sencilla ya que son naturales, o reciclables y benefician al medio ambiente. La eficiencia energética utilizada para las edificaciones debe ser considerada ya que su proceso solo requiere de energías renovables, un buen ambiente e iluminación natural y el aislamiento eficaz.

Las innovaciones tecnológicas y los nuevos comportamientos que se han adquirido en las últimas décadas, han generado grandes cambios; especialmente en el desarrollo de nuevos aparatos electrónicos, que se han ido modificando con el tiempo reduciendo su tamaño y su costo. Acorde con estos antecedentes, estudios y las aplicaciones que se han creado dentro de esta temática de los colectores de energía han mejorado en gran escala en comparación a años anteriores.

La Universidad Laica posee el nombre de uno de los guayaquileños más ilustres; Vicente Rocafuerte. Fue fundada por el Dr. Alfonso Aguilar Ruilova en 1966, en la que se impartían diferentes carreras, en la actualidad la universidad posee otros espacios como los edificios FIIC, fueron unificados en el año 2014, es en donde se encuentran las carreras de Ingeniería Civil y Arquitectura en las jornadas diurna y nocturna, cuenta con aproximadamente 1536 estudiantes de ambas, que al momento de ser creadas tenían la intención de fomentar profesionales responsables que puedan crear, construir por medio de recursos naturales basados.

Como se puede observar en la imagen, las baldosas serán implementadas en los bloques FIIC de la Universidad Vicente Rocafuerte, la implantación de los bloques

cuenta con un área de 525 m<sup>2</sup> en el bloque de civil y 490 m<sup>2</sup> en el bloque de arquitectura, implementándolo en los espacios evaluados que ayudará a la universidad en el ámbito económico, mediante el ahorro de energía eléctrica y con la aplicación de las RSE (Responsabilidad social empresarial).



**Gráfico 1** Ubicación sectorial Edificios FIIC

Fuente: Google maps

### 2.1.2. Historia de la piezoelectricidad

En el año de 1880 se creó un nuevo invento llamado efecto piezoeléctrico por los hermanos Jaques y Pierre Curie mediante la realización de estudios sobre la compresión del cuarzo. Esta fue aplicada por primera vez por Paul Langévin para la fabricación de sonares durante la primera guerra mundial en la cual se utilizaban cristales de cuarzo acoplados a masas metálicas para generar ultrasonidos en el rango de 10 kHz, esta propuesta consumía demasiada energía, llevándolo a la búsqueda de mejores soluciones como piezoeléctricos sintéticos. (Córdova L. , 2014)

La creación del sistema piezoeléctrico nació hace varios años atrás por lo que Luis Córdova (2014) considera que:

Entre los años 40 y 60 EEUU y Japón dirigieron la investigación a la búsqueda y desarrollo de cerámicas piezoeléctricas como el titanato de bario (BaTiO<sub>3</sub>) y el titanato-circonato de plomo (PZT) que responde a la fórmula general Pb (Ti<sub>1-y</sub> Zr<sub>y</sub>) donde “y” varía entre 0,4-0,9. (pág. 8)

Estas cerámicas poseen más beneficios que los piezoeléctricos naturales (cuarzo) una vez polarizadas, incluso la técnica utilizada se enfoca en la sinterización

de polvos cerámicos con posterior conformado por prensado o extrusión lo que permite que se logren geometrías complicadas. Aproximadamente en 1970 se diseñaron materiales poliméricos con características piezoeléctricas, la invención de esta creación demuestra una banda ancha, con resultados electromecánica inmediata, unos con requerimientos muy básicos que pueden lograr fuerzas grandes. (Córdova l. , 2014)

El escenario de los piezoeléctricos ha sido un tema recurrente en la búsqueda de la generación de energías sostenibles, lo cual ha venido siendo estudiado desde 1987 en adelante, en diferentes presentaciones de los cristales y con ellos varía su lugar de aplicación, donde sus aplicaciones son evaluadas mediante diferentes hipótesis siempre con el objetivo de recopilar y mejorar estudios anteriores, los cuales se convierten en una fuente esencial para la evaluación de puntos críticos de estos sistemas.

En el año 2009 una firma de ingeniería de Israel, fue noticia por el desarrollo de una nueva técnica que permite generar electricidad a partir del peso, movimiento, y vibraciones de los vehículos; hay generadores específicos para carreteras, vías férreas, pistas de aterrizaje y circulación de peatones. El producto con mayor cantidad de pruebas ha sido el de los generadores piezoeléctricos que se instalan debajo del asfalto, los generadores se instalan 0.05 m por debajo de la rasante, en este caso la presión de los vehículos sobre los dispositivos se convierte en electricidad, abasteciendo de esta manera los alumbrados públicos en las zonas de influencia de las carreteras, las cifras obtenidas en las mediciones avalan la eficiencia del sistema.

Según Oriol Barrufet Ibós en su artículo “Sistema piezoelèctric d’energy harvesting per l’enllumenat d’evacuació d’emergència d’un edifici” acerca de los proyectos ejecutados con esta tecnología: en 1987 fue constituida MicroStrain una compañía de Estados Unidos, esta tiene como principal mercado la implantación de sensores piezoeléctricos en campos aeronáuticos, médicos, automovilísticos y en construcción. Sus sensores más reconocidos son utilizados en vigas de soporte en estructuras, a medida que la estructura es sometida a tensión, se almacena una energía en un condensador, el cual transfiere por medio de una señal inalámbrica a un receptor, la energía producida se usa para monitorear la salud y estabilidad de la estructura. (Tamayo & Cardos, 2017)

Años más tarde, en el 2000, Continuum Control, otra compañía de Estados Unidos proporcionó un sistema de generación de emergencias en la expedición Bancroft Arnesen, que tenía como objetivo la travesía al ártico por una mujer. El producto llevaba el nombre de iPower Generator, un dispositivo de mano que transformaba la energía mecánica en energía eléctrica mediante la tecnología piezoeléctrica.

Este funcionaba con tan solo hacer girar las manivelas del dispositivo para poder suministrar carga a los radios, y equipos que llevaba la expedición. Este es uno de los usos más comunes de esta tecnología a nivel mundial.

En el departamento de arquitectura de MIT (Massachusetts Institute of Technology) dos estudiantes llevaron una investigación en el año 2007 que tenía como objetivo demostrar la capacidad de los peatones en el espacio público. Propusieron la creación de una loseta la cual genera energía mecánica por medio del peso de los peatones a través de materiales piezoeléctricos. El generador está incorporado en la loseta y funciona por el movimiento vertical producido por los peatones. La propuesta ganó un concurso sobre construcciones sostenibles promovido por Holcim en suiza en el año 2007, la propuesta ganadora fue el modelo a instalar en la estación de tren en Turín, Italia, cada panel proporcionaba electricidad para 4 bombillos LED's. (Tamayo & Cardos, 2017)

En la actualidad se puede ver una mayor presencia en los diferentes países de América Latina en los cuales se mencionan:

En Argentina, desde el 2008 cuenta con un plan estratégico de Desarrollo Sustentable, que diagnostica y prevé estrategias metodológicas para el desarrollo urbano-ambiental. En Buenos Aires posee un programa interdisciplinario en energías sustentables, que analiza e investiga el cambio climático y sus consecuencias en el medio ambiente, determinando los potenciales recursos naturales que pueden ser empleados para frenar el impacto al medio ambiente.

En Colombia, tienen un Plan de Desarrollo que incluye la creación de una Reserva de Biosfera (iniciativa adoptada por el Municipio de Bogotá en 1994). Existe una propuesta de la educación ambiental, y, el reordenamiento de tendencias del desarrollo.

En México, el plan de acción para el desarrollo sustentable en las instituciones de educación superior, analiza escenarios posibles y plantea el desarrollo sostenible

como el resultado de una adecuada educación, de una investigación acorde, y, de una honesta operación.

México apunta a diseñar y desarrollar de manera integral infraestructura, Tecnología, y, cultura para transformar el campus universitario en un modelo de utilización inteligente de la energía y en un aula de enseñanza del tema. Se pretende convertir el campus universitario en un modelo de utilización inteligente de las diferentes formas de energía necesarias. Para lograr estos objetivos, la iniciativa se sustenta en seis líneas de investigación: energía solar, energía de biomasa, energía del hidrógeno, diagnóstico y ahorro de energía, utilización y ahorro de energía, y, cultura energética. (Barrazueta, 2014)

Chile ha desarrollado un marco conceptual y crítico sobre el desarrollo sustentable en la región, impulsando una serie de investigaciones sobre la evolución energética y el impacto ambiental.

En Guatemala, adjunto al Zamorano funciona el Centro Zamorano de Energía Renovable (CZER). El CZER realiza investigación y capacitación en el área de generación de energía eléctrica a partir de la energía solar, hídrica, eólica, biomasa. Otro punto de interés del CZER es la producción de biocombustibles y biogás, a partir de residuos orgánicos. En el futuro, el CZER pretende expandir su capacidad de investigación y aplicación a otras tecnologías, como la energía geotérmica, la mareomotriz, y, experimentar con nuevos métodos de almacenamiento de energía.

El programa Joint European – Latin American Universities Renewable Energy Project (JELARE), impulsa un esquema de cooperación entre universidades de Alemania, Letonia, Bolivia, Brasil, Chile, y, Guatemala, con el objetivo de promover enfoques innovadores en el mercado de trabajo orientado a la educación y a la investigación en el campo de las energías renovables en América Latina, y, en los institutos de enseñanza superior europeos. (Barrazueta, 2014)

Referente a las responsabilidades de los ecuatorianos, se establece la obligatoriedad de “respetar los derechos de la naturaleza, preservar un ambiente sano y utilizar los recursos naturales de modo racional, sustentable y sostenible”

En el Ecuador no se han implementado aun proyectos piezoeléctricos, pero existen leyes que aportan todo tipo de investigación respecto al cuidado y protección del medio ambiente. Según La Constitución de la República del Ecuador (2015) considera que:

La Constitución vigente, en su artículo 3, inciso 5, señala como deberes del Estado “planificar el desarrollo nacional, erradicar la pobreza, promover el desarrollo sustentable y la redistribución equitativa de los recursos y la riqueza, para acceder al buen vivir”. Ese mismo documento, en la sección quinta referente a la educación, en el artículo 27 proclama que “la educación se centrará en el ser humano y garantizará su desarrollo holístico, en el marco del respeto a los derechos humanos, al medio ambiente sustentable y a la democracia; será participativa, obligatoria, intercultural, democrática, incluyente y diversa, de calidad y calidez; impulsará la equidad de género, la justicia, la solidaridad y la paz; estimulará el sentido crítico, el arte y la cultura física, la iniciativa individual y comunitaria, y el desarrollo de competencias y capacidades para crear y trabajar”.

## **2.2. Marco conceptual**

### **2.2.1. Diseño sostenible**

Catalogado por varios expertos como bio diseño, se refiere al manejo de recursos y espacios que buscan la relación armónica con la naturaleza, por lo cual se emplean materiales orgánicos, sustentables, y todo tipo de soluciones inteligentes orientadas a bajar el impacto energético del hombre. Este concepto es aplicable en el quehacer arquitectónico, sea tanto para diseño en interiores, como en espacios exteriores.

También se incluye dentro de este tratamiento, el cuidado sobre situaciones que pudieran ocasionar contaminación por medio de químicos, como la que puede provenir de las pinturas, por ejemplo. Es vital considerar que el responsable de manejar este concepto de diseño, pueda incluir las tonalidades verdes como color neutral, pues este tiene relación asociativa directa con la ecología y la naturaleza por lo que Pedro Medina (2016) considera que:

El diseño sostenible tiene la intención de “eliminar completamente el impacto medioambiental negativo a través de un diseño habilidoso, innovador y sensible con el medio. Esta filosofía debería ser la base de cualquier disciplina del diseño y debería estar completamente integrada con el sistema educativo.

Dentro de este concepto, es incluida la utilización de materiales como la madera, que puedan regenerarse, dentro de un breve lapso de tiempo, es decir, que

sean renovables y que por ello causen un impacto menor al ecosistema. Se utilizan también otros materiales como plásticos y otros elementos como pueden ser metales, vidrio, etc. Este tipo de materiales se emplean bajo la perspectiva de la reutilización o reciclaje, los cuales, al ser sujetos a transformaciones, adiciones o mejoras, le entregan mayor calidad al producto y posibilitan su compatibilidad con el entorno ambiental. (Merizalde, 2015)

### **2.2.2. Diseño sostenible y arquitectura**

Bajo esta premisa, el profesional de la arquitectura mezcla de forma equilibrada sus competencias y conocimiento técnico de su actividad con conceptos claves de sostenibilidad ecológica. Este tipo de diseño abarca la creación de edificaciones que generen conciencia a la humanidad de la importancia respecto a la protección del ecosistema. El enfoque principal del diseño sostenible es lograr sinergia entre la funcionalidad, la estética, los costos, la rentabilidad del edificio, con un consumo energético mínimo y disminución en las emisiones de carbono que pudiera ocasionar la construcción. Iván Vargas (2016) considera que:

El diseño sostenible y ambiental responden al llamado de un nuevo estilo de vida, que empieza a establecerse en el día a día de muchas personas y empresas. Prueba de ello es el boom que están teniendo las construcciones sostenibles para uso residencial corporativo, llevadas a cabo mediante la técnica de diseño ambiental adecuadas.

En el año 2006, la organización “American Institute of Architects” (AIA) asumió el compromiso de que para el 2030, el gremio profesional adquiriera conciencia sobre su planificación y ejecución respecto al diseño y volverlo responsable con el medio ambiente, así como la modificación en los planes curriculares en las universidades para que se incluyera al diseño sostenible como parte fundamental de la carrera. Esto debe trasladar la preocupación del diseño no solo en la innovación, sino de entregarle la debida importancia a la sostenibilidad de las edificaciones (Oportunidades y retos, 2014).

Entre los aspectos que se incluyen en lo relacionado al diseño sostenible se pueden mencionar: calidad ambiental, calidad de vida, salud de las personas involucradas con el uso del edificio, eficiencia energética del inmueble y costo. Estas últimas consideraciones toman en cuenta a la economía de los recursos (agua,

electricidad) las fases de planificación y construcciones, y, el diseño orientado hacia el confort humano y la preservación de las condiciones ecológicas previas. Pedro Calaza (2016) considera que:

El equipo de diseño proyectó un aparcamiento poroso para reducir las escorrentías, plantaciones que limpiaban el suelo y nuevas características de diseño sostenible como tejados de tierra y vegetación. Los nuevos cambios se perciben desde una nueva actitud de la arquitectura del paisaje y del diseño urbano. (pág. 67)

En resumen, se puede concluir que las características principales que deben ser tomadas en cuenta dentro del diseño sostenible en la arquitectura son:

- Edificios adecuados a las necesidades humanas y ambientales
- Energía empleada de forma eficiente y racional.
- Optimización de los recursos renovables sin descuidar el confort ambiental.

La obtención del condicionamiento ambiental por medio de la utilización de procesos y recursos naturales, se denomina como diseño pasivo. Este sistema emplea la energía natural proveniente de la radiación solar, eólica o similar en reemplazo de la calefacción o acondicionamiento artificial, minimizando su uso, pero sin dejar de garantizar las condiciones de confort necesarias para la habitabilidad humana.

### **2.2.3. Las medidas de diseño más eficaces**

**Aislamiento térmico.** Es el principal objetivo del diseño sostenible, con el objetivo de reducir el consumo. Se traduce como la reducción en las pérdidas de transmisión energética del edificio, con lo cual se conserva y mantiene la temperatura interna.

**Ventilación natural.** Poder controlar los flujos de ventilación dentro del diseño, es de vital importancia para la frescura interna de la edificación, como para la disminución del consumo energético de la misma.

**Masa térmica.** La inclusión en el diseño de materiales con estas características, garantizan la conservación eficaz del calor en el inmueble.

**Orientación.** La ubicación adecuada del inmueble respecto a las corrientes de viento y flujo solar.

**Sistemas solares pasivos.** Relacionados con el flujo solar directo y el calor almacenado. (Arkiplus, 2017)

La eficiencia de los equipos, el reemplazo de fuentes energéticas tradicionales por aquellas alternativas renovables y la utilización de productos de origen local son otros aspectos a considerar dentro del diseño sostenible. Iván Vargas (2016) considera que:

La arquitectura verde integra el diseño en un contexto socio económico, como actividad creadora que muestra a la sociedad que si es posible generar espacios responsables en los ambiental y eficientes. Esta tendencia no solo ha impulsado dicho modelo de negocio, sino a otros sectores, por ejemplo, el de mantenimiento, la renovación de espacios, la instalación de tecnologías sobre energías renovables

#### **2.2.4. Eficiencia energética**

La humanidad en los últimos tiempos ha presentado un desarrollo que no tiene comparación con ningún episodio de su historia. La sociedad y la tecnología manifiestan avances bajo un ritmo insostenible, por ello, las necesidades de una población cada vez mayor hacen que los niveles de producción y consumo suban a niveles de vértigo, lo que obliga a reconsiderar un nuevo tipo de comportamientos que aseguren la sostenibilidad de las personas dentro de los ecosistemas naturales. Alternativas como el reciclaje se vuelven necesidades inherentes a las generaciones presentes y futuras.

Aún no existe conciencia plena de la totalidad de energía que se desperdicia de forma diaria y no hay preocupación expresa sobre el origen de esta. Sin embargo, cada vez más, aumenta el número de personas que toman la responsabilidad sobre la importancia de la reducción del consumismo humano y de la incidencia directa que esto tiene con la contaminación hacia el medio ambiente. La eficiencia energética se puede definir como el uso optimizado de la energía bajo un determinado fin.

Se considera eficiente desde lo energético cuando una máquina, instalación, edificación o proceso cumple sus objetivos previstos y emplea para ello una cantidad menor al promedio contemplado para dicha actividad. Por lo tanto, una persona, bien o servicio eficiente busca consumir menos para realizar lo mismo, o incluso más, y también, abastecerse de forma parcial o total de energías renovables gratuitas para reemplazar las formas tradicionales. Factor Energia (2016) afirma que:

La eficiencia energética busca proteger el medio ambiente mediante la reducción de la intensidad energética y habituando al usuario a consumir lo necesario y no más. Las emisiones de CO<sub>2</sub> que enviamos a la atmósfera son cada vez mayores y, por ese motivo, la eficiencia energética se ha convertido en una forma de cuidar al planeta ya que, no solo está en usar electrodomésticos que consuman menos, sino en que seamos nosotros quienes consumamos menos y de forma más “verde”.

#### **2.2.5. La iluminación y el consumo energético**

La iluminación que proviene de la naturaleza es la forma más económica, limpia y disponible que existe, sin embargo, es necesaria la utilización de luz artificial para poder tener el complemento necesario que requiere la luz natural y las actividades humanas. Dentro de una edificación, es de vital cuidado conseguir ahorro energético al sectorizar la iluminación al emplear zonas comunes.

Una estrategia a considerar, es la utilización de sistemas automáticos de encendido y apagado en las zonas de tránsito, lo que representará una disminución energética a considerar, así como el uso de sensores crepusculares en áreas externas. Una de las acciones básicas, es el reemplazo de las bombillas tradicionales por aquellas de bajo consumo, que representan el mismo nivel de iluminación, pero con un ahorro de hasta el 80% de energía y una duración mayor por 8 veces más. Silvia Martín (2015) considera que:

La iluminación representa un porcentaje elevado de consumo dentro del resto de actividades que dan en un edificio. Estos porcentajes pueden oscilar entre el 10 y el 50% del consumo energético de cualquier edificación, por lo que se considera que es un aspecto importante a tratar. En los edificios residenciales, el consumo de electricidad destinado a la instalación de iluminación puede variar entre el 10 y el 16% del consumo energético total. (pág. 11)

Las fluorescentes compactas al ser contrastadas con el desempeño de las incandescentes tradicionales, consumen energía cinco veces menos, no se calientan, duran más, por lo cual los gastos de mantenimiento disminuyen. En el caso de las lámparas de tipo LED, el desempeño y eficiencia es aún más elevada, sin embargo, su costo de adquisición es mayor que todas las opciones anteriores.

Las lámparas se transforman en fuerza vinculada con la luz. Por lo general las luces incandescentes emiten el 5 %, y las lámparas fluorescentes entre el 20 % y el 40 % de su fuerza en forma de luz, en las que se observa un desperdicio del 60% de energía eléctrica frecuentemente. La utilidad luminosa es la medida de eficacia para lograr obtener luz, en la que se escatima en lumen por vatio (lm/W). (TRILUX Iluminación, 2015)

#### **2.2.6. Consejos de utilización:**

- Apagar aquellas luces que ya no sea necesario que permanezcan encendidas
- Preocuparse por el mantenimiento y limpieza de luces y lámparas para garantizar su adecuado rendimiento.
- Utilizar reguladores de energía para obtener ahorro e intensidad en la iluminación.
- Emplear tanto como sea posible la luz del sol.
- Decorar los interiores con tonalidades claras en techos y paredes con la finalidad de aprovechar de mejor manera la luz natural, reflejarla de mejor manera y reducir con ello, la utilización de las fuentes de luz artificiales.
- Deje los espacios más luminosos para aquellas áreas de mayor utilización en el día; por el contrario, para las habitaciones que se usen ocasionalmente se recomienda dejar las áreas de menor ingreso de luz natural.

#### **2.2.7. Electricidad**

Es aconsejable tener dispositivos de medición para el control de consumo de la vivienda en lo referente a electricidad, por medio de esto se puede determinar cuánto se gasta y cuanto es el ahorro obtenido; con ello se pueden definir decisiones y acciones orientadas a la reducción del gasto, al saber previamente cuanto se gasta a nivel general y por artefacto eléctrico. La energía eléctrica nace de una diferencia potencial de dos puntos, que cuando se expone al conductor eléctrico transporta energía mecánica y térmica. Esteban Domínguez (2017) afirma que:

La electricidad estática se produce cuando ciertos materiales se frotan uno contra otro, como la lana contra el plástico o las suelas a los zapatos contra la alfombra. El proceso de frotamiento provoca que se retiren los electrones de la superficie de un material y se reubiquen en la superficie del otro, que ofrece niveles energéticos más favorables. (pág. 31)

### **2.2.8. Consumo energético y su relación con el impacto ambiental**

Los requerimientos energéticos a nivel mundial han crecido de forma considerable, desde finales del siglo XIX hasta ahora. En la actualidad el consumo de petróleo supera los 12 millones de toneladas anuales, con una tasa de aumento del 2% anual en promedio. Este escenario tiene muchas causales, entre las que pueden mencionarse al crecimiento poblacional progresivo, la urbanización elevada y la migración hacia las ciudades, y, los procesos exigentes de industrialización e incremento de la demanda global de productos; todo esto ocasiona la presencia de gases de efecto invernadero y el marcado deterioro en el ecosistema. Claudio Varini (2016) afirma que:

El consumo energético para la producción de los materiales, obra y mantenimiento no son desiguales en el contexto nacional, el consumo energético en el periodo de uso es inversamente proporcional a la diferencia, en grados días con respecto a las temperaturas de confort, entre las localidades. Esto se debe a que el consumo energético es muy alto cuando el clima obliga al uso de aire.

Los edificios modernos consumen altos niveles de energía, en gran parte esto se da a las necesidades de iluminación en los edificios y a la climatización artificial que estos deben poseer para poder brindar un ambiente agradable a los usuarios de las instalaciones. Sin embargo, gran parte de este consumo suele ser innecesario, sobre todo en el caso de la iluminación, ya que puede reemplazarse la iluminación natural de forma efectiva para poder lograr mayor eficiencia y ahorro. Poder implementar estrategias en este aspecto, representa una oportunidad para la reducción de consumo energético y la emisión de CO<sub>2</sub>.

### **2.2.9. Luz-natural**

La luz natural ha sido el acompañante lumínico de la sociedad durante una gran mayoría de la historia humana, por ello la jornada productiva se veía restringida al aprovechamiento de las 12 horas de luz disponible. No fue sino hasta finales del siglo XIX que surgió el bombillo, y posteriormente, otras fuentes de luz artificial. En las edificaciones antiguas se puede ver la creatividad e inteligencia en el diseño para el aprovechamiento total de la luz natural. En la actualidad, es lamentable ver que se

ignora el potencial de la luz solar, y enfocarse solo en las posibilidades que pueden darse por los sistemas electrónicos de iluminación. María Obregón (2016) afirma que:

La luz natural es la mejor fuente de iluminación y la más barata. Su uso reduce los costos de energía. La distribución de la luz en el puesto de trabajo pueda ser mejorada al incrementar el uso de la luz natural. Las medidas adoptadas para utilizar la luz natural resultan efectivas durante años y ayudan en gran medida a mejorar la eficiencia y la comodidad. (pág. 127)

Es común ver en la actualidad, edificaciones que no cuentan con fuente de luz natural, o en el mejor de los casos, la misma es mínima o ineficiente, lo que representa un marcado desaprovechamiento de la luz ambiental y corta las posibilidades de ahorro que las instalaciones pudieran tener en caso de que si lo hiciesen. Por ello, integrar sistemas de alumbrado eléctrico de alta eficiencia, complementados con la correcta utilización de la luz solar, podrán revertir el abuso de energía y menguar los efectos que el cambio climático manifiesta a nivel local, regional y mundial. (Dr García, 2014)

#### **2.2.10. Efecto piezoeléctrico**

Se refiere a la conversión de la tensión mecánica en fuente de energía eléctrica, y viceversa, la electricidad en movimiento mecánico. Un ejemplo de este material lo podemos encontrar en la naturaleza con los cristales de cuarzo, los cuales poseen un patrón repetitivo de átomos y moléculas de oxígeno y silicio, los cuales al estar en reposo no generan nada, pero que, al ser sometidos a estrés, el orden de los átomos presenta cambios, lo que genera la energía requerida. JM3 Studio (2014) afirma que:

La ciudad posee flujos de tránsito; desplazamientos de vehículos y personas que implican la interacción entre el medio de transporte y el medio físico -la infraestructura-, en el que se descarga energía tras cada desplazamiento. De esta manera, autopistas, avenidas y pavimentos con un alto flujo de movimiento, conforman un soporte ideal para la incorporación de dispositivos piezoeléctricos.

Esta modificación hace que las cargas negativas de un cuerpo se agrupen hacia un lado y las positivas, en contraparte, al otro. Por ello, cuando en un circuito se conectan extremos de cristales de cuarzo, se genera la corriente; mientras exista mayor presión, más cantidad de energía eléctrica se producirá. Al considerar esta capacidad energética, tanto para la generación de voltaje como para la deformación mecánica,

este tipo de materiales (cristales piezoeléctricos) presentan un amplio campo de utilidad y conveniencia en actividades tales como: (Pérez E. , 2016)

- En transductor de presión.
- En los reproductores de vinilo, al ser utilizados como aguja.
- Todo lo relacionado con micrófonos
- En los relojes de cuarzo, y en dispositivos electrónicos de alta frecuencia como osciladores.
- Fuente de chispa en los encendedores comunes
- Otros.

Al utilizar cuerpos de cristal estrechos y de gran longitud, se obtiene un voltaje y chispa mayor. Estos cuerpos se cortan de una forma para que el eje polar pueda cruzar a lo perpendicular por ambos lados. La electricidad que se produce guarda proporcionalidad con las dimensiones de la placa y la presión aplicada.

Entre las aplicaciones a destacar de la piezoelectricidad, se destaca la propiedad inversa:

- Si la placa es sometida a una variabilidad en la tensión, esta generará una oscilación en los impulsos eléctricos.
- La placa al estar en contacto con fluidos, le transmite sus vibraciones, lo cual genera ultrasonido.

El sonar es una de las primeras aplicaciones de la piezoelectricidad existentes. Modifica una señal de tipo mecánico y la convierte en pulso eléctrico. Barrera & Ros (2016) afirma que:

Actualmente se están utilizando inyectores de combustible de efecto piezoeléctrico inverso para poder conseguir tiempos de inyección inferiores a 1ms en motores diésel de última generación. También se emplea para modular la presión de combustible en sistema de muy alta presión. (pág. 245)

Sobre este último punto, a fines de la Gran Guerra (Primera Guerra Mundial) los científicos descubrieron que las ondas sonoras generadas por los submarinos al moverse debajo del mar, podrían detectarse utilizando pedazos de cuarzos sumergidos, con el que podían medirse las corrientes y facilitaba la detección de las posiciones enemigas al emplear el direccionamiento proveniente del sonido.

El funcionamiento del sonar puede ser descrito bajo la siguiente sucesión de pasos:

- El sonar lanza vibraciones que producen ondas dentro del agua.
- El submarino se mueve hasta que puede localizarse el objeto u obstáculo.
- El eco que se recibe producto de las vibraciones emitidas es receptado por el cristal piezoeléctrico, el mismo que lo transforma en corriente eléctrica y lectura inicial. Corona & Abarca (2014) afirma que:

Los transductores ultrasónicos también necesitan de un traductor piezoeléctrico para su funcionamiento, de tal manera que la onda mecánica se encarga de excitar el piezoeléctrico, provocando que este se comprima o se tense para producir una señal eléctrica variable. Algunas configuraciones usuales en los sensores ultrasónicos incluyen un emisor de las ondas ultrasónicas y un receptor ambos colocados de forma contigua. (pág. 9)

#### **2.2.11. Usos**

Entre los usos más comunes que se le suele dar a los cristales piezoeléctricos se encuentra el de los encendedores eléctricos. Al golpearse el cristal en su interior, el impacto dado genera una concentración de electricidad que puede generar la chispa que al final enciende el mechero. También puede mencionarse a la aplicación como sensor de vibración, la presión ejercida sobre el cuerpo genera una carga de corriente igual a la fuerza que se ejerció.

Este principio de vibración que resulta como energía eléctrica, se ve aplicado en las pastillas piezoeléctricas de las guitarras. La presión sobre las cuerdas genera una vibración sobre las pastillas que decodifican como corriente, que el amplificador se encarga de convertir a sonido. Según (Pérez M. , 2014, pág. 64) “Sea cual sea el material piezoeléctrico que se use, el dispositivo así formado tiene un equivalente eléctrico que recoge su comportamiento energético con la inclusión de una pequeña disipación de energía y almacenamiento de energía”.

Una aplicación similar, pero en sentido inverso, es la que ocurre con los inyectores de combustible en motores de combustión interna. Al percibir una diferencia de potencia, el material piezoeléctrico logra una apertura en el inyector, lo cual ayuda a tener un mejor control en la cantidad de combustible que emplea el motor, con lo que se conoce y se mejoran el rendimiento y desempeño que pueda tener el motor.

Entre los materiales y aplicaciones que tiene esta modalidad de generación eléctrica, se pueden mencionar:

**Materiales:**

- Cristales de cuarzo
- Rubidio
- Tartrato mixto de potasio y sodio (Sal de Seignette)
- Cerámicas (en sus modalidades piezoeléctrica y técnica)

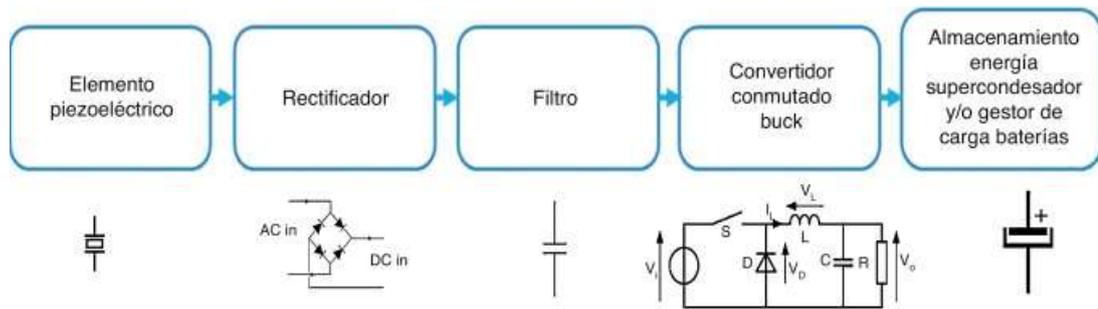
**Aplicaciones:**

- Amplificación musical, específicamente en altavoces de (tweeters)
- En el sistema de reproducción de tocadiscos.
- Encendedor en los mecheros eléctricos
- Estructura para encendido eléctrico de calefones y estufas.
- Sensores
- Transductor piezoeléctrico
- Transformadores.
- Destartradores odontológicos empleados para la remoción del sarro interdental.

**2.2.12. Arquitectura del circuito de captación de energía**

La estructura del circuito funciona por sobresaltos mecánicas, ya sea por impacto o por agitaciones frecuentes. Las señales que se producen luego son almacenadas y optimizadas dentro del funcionamiento del Energy Harvesting, esto depende mucho del evento mediante las indicaciones que envía (agitación o impacto) que se realiza para incrementar sus ventajas. Martínez & Del Amo (2016) afirman que:

La energía técnica captada puede utilizarse de forma pasiva o activa. La pasiva se aprovecha mediante el acondicionamiento pasivo de los edificios, es decir, siguiendo las pausas de la arquitectura bioclimática. Ello consiste en diseñar los edificios (Con materiales, cerramientos, orientación, colores, tipos de cubiertas) de manera que aprovechen de forma óptima las condiciones ambientales del entorno para disminuir el consumo de energía convencional sin renunciar a los niveles de confort demandados.



**Gráfico 2 Energy Harvesting.**

**Fuente:** Instalaciones solares térmicas de baja temperatura (2016)

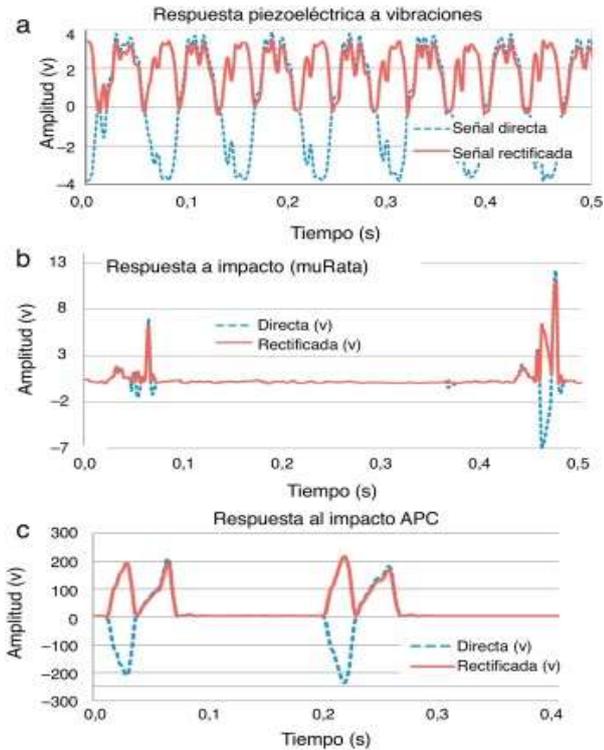
Un circuito típico incluye el Sistema de Administración de carga, en donde se encuentran el rectificador, el filtro y el conversor; adicionalmente se incluye un conversor, que se encarga de proporcionar la carga de salida si es que todavía no se llega al umbral de carga en el condensador. En líneas siguientes se describe la función que cumple cada parte integral de este circuito.

### **Elemento Piezoeléctrico.**

Este elemento constituye la parte principal del circuito ya que proporciona la fuente de energía y es el componente que transforma la energía mecánica en corriente eléctrica. Debe considerarse la respuesta al impacto, el rango de frecuencias y la amplificación mecánica de la presión dentro de su funcionabilidad. Su función no solo implica lograr una diferencia de potencial lograda por el peso, ya que también su procedimiento puede ser, al contrario. (Corona & Abarca, 2014)

### **Rectificador**

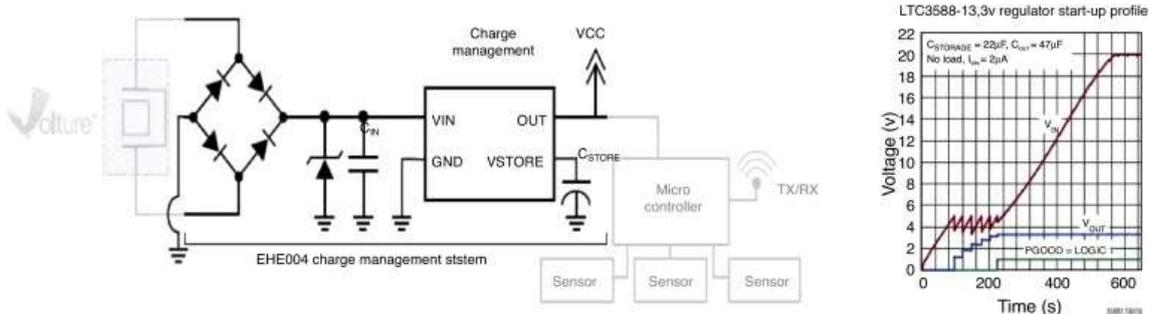
Es un circuito que tiene como función clave el conseguir que la carga brindada por la pieza anterior (elemento piezoeléctrico) mediante una onda completa, solo presente valores positivos. Se constituye principalmente de un puente de diodos que se encargan de proporcionar una tensión pico ( $V_p$ ), en función de la siguiente desigualdad, pero es necesario ser cauteloso debido a que deben estar acorde a la ecuación  $V_{RRM} \geq (2 \cdot V_p - V_D)$ . En donde el elemento VRRM (V) representa a la tensión repetitiva,  $V_p$  (V) es la tensión que es proporcionada por el material piezoeléctrico, y  $V_D$  (V) es la tensión de conducción en el diodo. Como ejemplo, en el gráfico No.3 se muestra una gráfica de la respuesta de la parte piezoeléctrica a vibraciones de impacto y continuas, y, la forma de respuesta en que la corriente responde luego de pasar por el rectificador.



**Gráfico 3 Respuesta del elemento piezoeléctrico:**  
a) Vibración continua; b,c) Impacto. En todos los casos, en trazo discontinuo se presenta la señal directa, y en trazo continuo, la señal rectificadora.  
**Fuente:** Optimización de piezoeléctricos comerciales. (2015)

## Filtro

Son los condensadores que sirven para que la carga que ingresa al Buck (convertidor conmutado reductor) cuente con las variaciones de tensión requeridas para su funcionamiento hasta su tensión máxima. En el gráfico No.4 se detalla la forma típica de un circuito promedio en el uso de piezoeléctricos, en cuya salida se enlaza con un supercondensador, que es el que permite la acumulación de energía, que, a su vez, servirá de alimentación para el sistema.



**Gráfico 4 Esquema del Buck converter LTC3588-1.**  
**Fuente:** Optimización de piezoeléctricos comerciales. (2015)

Granda & Mediavilla (2015) afirman que:

Las ventajas de los transductores de presión piezoeléctricos son su alta sensibilidad. Obtenida muchas veces a bajo coste, y su alta rigidez mecánica (las deformaciones experimentadas son inferiores a 1um). Una limitación de estos transductores es que el valor de los coeficientes piezoeléctricos es sensible a la temperatura y, además, por encima de cierta temperatura, denominada temperatura Curie, todos los materiales dejan de ser piezoeléctricos. (pág. 385)

### **2.2.13. Baldosa piezoeléctrica**

A pesar de que esta tecnología ya ha sido ampliamente usada desde la primera mitad del siglo XX, el conocimiento de la sociedad en general es prácticamente nulo. Empleadas dentro de la estructura de una baldosa, esta tecnología permite la utilización de la energía acumulada de las personas al caminar como una fuente de electricidad. Esta teoría de impacto que modificaría por completo la utilización de electricidad mediante la energía renovable, generando un cambio en la sociedad, el medio ambiente por una energía sustentable.

Este sistema surge bajo la premisa de que el número de personas que transitan en las calles, en establecimientos, instituciones y/o facultades es alto, por lo cual existe un alto nivel de energía que no es utilizado apropiadamente y que si se empleara un método que asegurase su aprovechamiento para su transformación en corriente eléctrica, serviría de mucho para los propósitos de ahorro energético y conciencia ecológica de las generaciones actuales. Bajo este escenario, el uso de baldosas piezoeléctricas es una modalidad de energía limpia, renovable y sostenible que puede solucionar los problemas y necesidades que presenta el mercado actual.

A nivel global, cada vez se incrementa la necesidad y la preferencia por la utilización de energías de bajo impacto para el medio ambiente y de bajo costo, algo contradictorio en países como Ecuador, que dependen casi en su totalidad de lo producido en hidroeléctricas. La piezoelectricidad es una forma que va contra los moldes del contexto local y representaría un gran ahorro económico para la organización que lo implemente.

A la fecha, son dos empresas a nivel mundial las que fabrican losas que tienen la particularidad de usar la energía producida por la pisada de las personas en

electricidad empleada para el uso en alumbrado público, establecimientos privados, iluminación de señalética, anuncios digitales en exteriores o para alimentar de energía a zonas Wi-fi. Una de ellas se llama Pavegen Systems y tiene como base a Reino Unido e Innowattech situada en Israel, como país sede. En el caso de Pavegen, las baldosas, con dimensiones de 45 x 60 cms, fueron creadas para soportar alto tráfico, como el que se da en estaciones de bus, de metro, tren, centros comerciales, o aeropuertos.

Respecto a su superficie, estas baldosas se fabrican con caucho reciclado, y en su constitución, un 80% proviene de materiales reciclados, lo que permite que puedan reemplazar sin inconvenientes a pisos tradicionales. Tiene resistencia hasta de cinco años con uso frecuente. De forma complementaria, las Pavegen, tienen luces LED en el centro de la misma, la que es encendida al momento de pisarse, como aviso y sólo requieren del 5% de la energía total. (Agaton, 2015)

#### **2.2.14. Restricciones de los materiales piezoeléctricos**

El conocer acerca de los beneficios y utilidades de las cerámicas comerciales creadas es fácil la selección del material más conveniente, pero esto no certifica que funcione de forma adecuada, su permanencia y vida útil del dispositivo que será empleado. Por ende, es necesario ser consiente de los problemas que estas puedan presentar como manera de prevención, limitándose así a la creación de re proyectos en busca de soluciones. Uno de los principales detonantes de estos eventos se debe a los cambios de temperatura.

Dentro de las limitaciones que se presentan se encuentran:

- Envejecimiento natural (y acelerado por las condiciones de uso)
- Inestabilidad de las propiedades en función de variaciones de temperatura.
- Límites de excitación eléctricos y mecánicos. (ATPC to Brasil, 2014)

#### **Envejecimiento**

Conforme pasa el tiempo, la polarización provocada desde el periodo de fabricación de la cerámica se evapora de forma natural, sin relacionarlos con los agentes externos o el manejo del material. Estas modificaciones son relevantes, específicamente cuando el material empleado en el dispositivo de resonancia o cuando las modificaciones de capacitancia/ impedancia están relacionados con la actividad de impulsión electrónica.

Existen diversas tasas de cambio de propiedades de cerámicas comerciales. Sobre todo, cuando se lo emplea en la resonancia de los dispositivos que se relacionan directamente con el desenvolvimiento electrónico de la impulsión, variaciones que se verán a continuación. Estos materiales son empapados por materiales compuestos en sistemas de amortiguación de vibraciones o la localización de impactos como los airbags que puedan identificar el golpe por medio de una señal eléctrica.

**Tabla 1**

***Tasas de envejecimiento de los materiales piezoeléctricos***

(% por década)	PZT-4	PZT-5A	PZT-5H	PZT-7A	PZT-8
$k_p$	-2,3	-0,2	-0,35	0	-2
$K_{33}^T$	-5,8	-1	-1,5	+2	-5
$N_l$	+1,5	+0,2	+0,25	-0,08	+1

**Fuente:** Envejecimiento de las baldosas piezoeléctricos (2014)

**Inestabilidad de las propiedades en función de variaciones de temperatura**

En el área de electrónica por lo general se observa las variaciones de propiedades y el comportamiento que se presentan en los diferentes componentes, inicia con los resistores que son más resistentes al calor, como también los semiconductores que se trasladan mejor calientes. Referente a las cerámicas, los cambios se hacen presentes con más fuerza lo cuales se manifiestan dentro de un área compleja de los mecanismos implicados en el efecto piezoeléctrico.

**Límites de excitación eléctricos y mecánicos.**

Las cerámicas piezoeléctricas son materiales sensibles y con poca durabilidad a la tracción, donde es necesario observar con detalle el alcance de los materiales para evitar falencias como las rupturas.

**Tabla 2**

***Límites de tracción para algunos materiales piezoeléctricos***

(psi)	Navy Type I	Navy Type II	Navy Type V	Navy Type VI
<b>Dinámico</b>	6000	4000	4000	4000
<b>Estático</b>	11000	11000	10000	10000

**Fuente:** Durabilidad de las cerámicas piezoeléctricas (2014)

### **2.2.15. Pavegen**

La función que cumplen es de rescatar la energía cinética del cuerpo al momento de caminar sobre alguna de estas baldosas, dando paso a que esta baje de un nivel alto de un centímetro debido al peso proporcionado. El creador de este invento hace una comparación cuando las personas transitan en lugares infantiles donde el piso está recubierto para evitar accidentes. La presión que se genera al pisar la baldosa activa un volante de inercia que da vueltas hasta transformar la energía cinética en eléctrica, debido a la persuasión electromagnética.

Es como si fuese un generador de energía, el cual no funciona con elementos tradicionales como el aire o agua, se activa al caminar. El llegar a esta invención trajeron consigo muchos inconvenientes ya que el gobierno rechazó su primera propuesta que fue elaborado con madera, hecho ocurrido hace más de siete años. Hoy en día gracias a la tecnología se han obtenido progresos de tal forma que se han realizado instalaciones en canchas de fútbol de varios países donde transitan espectadores, al igual que en aeropuertos, oficinas entre otros.

Las primeras baldosas diseñadas tenían forma rectangular, pero la generación V3 de Pavegen se maneja con baldosas triangulares, de tal forma que facilita su colocación en las esquinas. La ventaja de esta nueva creación es que puede generar 5W de potencia perenne en su caminar, logrando una eficiencia de 200 veces superior al modelo anterior. Cuenta con el 95% de generación eléctrica, que puede ser utilizado in situ o puede ser utilizada en otra ocasión, el valor restante del 5% es utilizado en el consumo de la propia baldosa. Se están realizando procedimientos que permitan crear un sistema que la conecte con la red eléctrica de forma directa.

Cada paso genera una media de 7 vatios de electricidad, depende sobre todo del peso de cada persona. Cada paso empuja la goma 5 milímetros hacia abajo, una diferencia imperceptible para los peatones. Su diseño fue creado para áreas públicas donde exista gran afluencia de personas, para que su rendimiento sea más efectivo y se puedan obtener mayores ventajas, miden 45 x 60 cm.

En la actualidad, el costo de las baldosas es elevado. Se estima que se reducirán los costos de la misma debido a que se está teniendo una gran demanda del producto, que brinda un gran aporte al medio ambiente. Se establece que en los últimos años se ha percibido un 70% menos del valor que costaban antes, en el que se tiene el interés

de manejar costos de 45 euros por baldosa que da un equivalente de \$52.25 en dólares. (Estirado, 2017). Fredy Agatón (2014) afirma que:

Cabe indicar que el valor de cada baldosa pavegen es de 3850 dólares, sin contar con gastos de instalación ni impuestos, ahora al ser un proyecto de energías alternativas se pueden omitir los impuestos, y suponiendo un valor de instalación y mantenimiento para las diez baldosas de 10000 dólares, se tiene en total que el dinero necesario para implementar el proyecto es de  $3850 \times 10 + 10000$ , lo que genera un resultado de 38.500 dólares.

Este tipo de tecnología permite obtener estadísticas específicas sobre los consumos que se hagan, la actitud de los caminantes y modelos de esquema de pisada, que son registradas en internet. Estas baldosas pueden tolerar cualquier tipo de ambiente y al mismo tiempo genera energía. “Al momento que una persona pisa sobre una baldosa la superficie desciende 5mm formando electricidad por medio de la tecnología de Pavengen”. (ecosectores.com, 2012).

### **2.3. Marco conceptual técnico**

#### **2.3.1. Demanda Energética**

La demanda energética consiste en toda aquella energía que se requiere para poder crear un buen ambiente interno de acuerdo a las necesidades del mismo. Esta demanda ha recibido un incremento en Latinoamérica generando un problema por el mal uso del mismo por parte de los habitantes, lo que afecta notablemente a la población. La finalidad es incentivar al consumidor a emplear la menor cantidad de energía en horas pico, y cambiar esto a horas de menor consumo como días donde no se trabaja o fines de semana. José Jiménez (2014) Afirma que:

La demanda energética necesaria para alcanzar el bienestar térmico en función del clima de la localidad, del uso del edificio y del régimen de verano y de invierno así como sus características de aislamiento e inercia, permeabilidad al aire y exposición a la radiación solar, reduciendo el riesgo de aparición de humedades de condensación superficiales e intersticiales que puedan perjudicar sus características y tratando adecuadamente los puentes térmicos para limitar las pérdidas o ganancias de calor y evitar problemas higrotérmicos en los mismos.

### **2.3.2. Eficiencia Energética**

Esta técnica permite rebajar el consumo de la energía, optimizando recursos productivos con el uso energético adecuado, de tal manera que, facilita y brinda mejores servicios de la misma manera o menor escala de consumo. “Consiste en la división entre la eficiencia energética de la instalación y la eficiencia energética de referencia, que depende del nivel de iluminancia medio en servicio proyectada” (González & González, 2014)

### **2.3.3. Diseño energético sostenible**

Cuando se menciona la palabra sostenible implica que tiene la finalidad de aminorar el consumo energético de alguna edificación, en el cual influye el diseño arquitectónico de cada edificio sobre los espacios donde se trabajarán sin afectar el medio ambiente. Se debe tener claro que las edificaciones dejan de ser un factor de consumo energético, y se transforman en energía social, que produzca, reciba, guarde y reparta energía térmica conscientemente previa a la construcción para evitar el impacto eléctrico o ambiental.

### **2.3.4. Efecto Piezoeléctrico**

El efecto piezoeléctrico es una técnica que se origina de la manipulación de varios cristales que se emplean para generar energía como por ejemplo el cuarzo, un elemento importante dentro de este proceso para la obtención de energía eléctrica. Está conformado por cristales que se diferencian mediante su voltaje que se encuentran en diferentes lados del mismo, una vez que este es sometido a la transformación mecánica se lo define como efecto piezoeléctrico.

Miguel Pérez (2014) afirma que:

Consiste en la aparición de cargas eléctricas sobre determinadas estructuras cristalinas cuando sobre ellas se ejerce una fuerza. El efecto es perfectamente reversible, es decir, se genera carga a partir de la fuerza aplicada o se produce una fuerza a partir de la carga inducida sobre el cristal. (pág. 379)

### **2.3.5. kWh**

El kilovatio/hora consiste en el símbolo que representa la medida energética sobre un consumo estimado de 1000 vatios en el periodo de hora. Es empleado en el área energético que se les entrega a los clientes por los gastos de consumo de luz como de gas natural. Representa la energía y tiempo sirve para evaluar el consumo energético

kilovatios por hora, hoy en día el kWh es utilizada para medir el gasto de los consumidores de luz y de gas natural.

### **2.3.6. GWh**

Muy conocido como gigavatio/hora, esta medida es de nivel superior al megavatio, igual a 3600 gigajulios que se muestra en potencia y se multiplica en el tiempo. Es empleado para controlar los consumos energéticos de países grandes o las industrias multinacionales donde se realicen consumos elevados, así como siderurgias o cementeras. Esta medida denominada gigavatio genera una potencia en el periodo de una hora, giga es el estipulado métrico que se utiliza para mil millones, que representa a mil millones de kilovatios de energía en el transcurso de sesenta minutos.

### **2.3.7. La energía estática**

Este efecto se produce cuando los materiales se aíslan provocando cargas positivas (+) agrupadas en un material y cargas negativas (-) colocada en la superficie. Como respuesta a esto se obtienen chispas, descargas al repelerse. Este material o más materiales que se encuentran juntos se la denomina estática ya que no se genera una corriente fluida. “Las chispas producidas en las descargas de energía estática constituyen un foco de ignición que puede dar lugar a incendios o explosivos”. (García, 2013)

### **2.3.8. Impulso mecánico**

Según Rocio Navarro (2014) indica que “el impulso mecánico es la variación en el momento lineal que experimenta un cuerpo en un sistema aislado o cerrado”. Se lo conoce como el producto de la fuerza por el intervalo en el periodo que esta se desarrolla. La presión es una dimensión vectorial que está orientado y dirigido a la potencia que lo direcciona. Su unidad en el S.I. es el N·s (newton por segundo).

Uno de los resultados que se obtienen de una fuerza es modificar la velocidad del cuerpo y, por ende, la duración de este efecto que desarrolla esta fuerza va a ser controlada según el tiempo en que el mismo actúe.

Este procedimiento se lo ha definido como impulso mecánico:

$$\vec{I} = \vec{F} \cdot \Delta t$$

**Fuente:** Guía definitiva de física (2014)

### **2.3.9. Generación de energía a través de caminar**

Es un nuevo invento que hace posible que los más ligeros gestos se transformen en energía eléctrica pura y renovable sobrepasando las expectativas del cuerpo. Se trata del generador triboeléctrico rotatorio, diseño creado por chinos y estadounidenses, en el cual se aplica la velocidad el viento, inclusive uno más suave de seis metros por segundo, comparado la caída de agua de una llave.

Este sistema toma de ventaja la electricidad que se desarrolla mediante la fricción entre dos materiales, por medio de un medio conocido como transferencia de carga, el que forma una fuerza electrostática como por ejemplo cuando se soba un pañuelo en un cristal, o un estímulo que hace despelucar el cuerpo como una perspectiva similar.

Ramón Costa (2014) considera que:

Una persona caminando puede generar una energía de 67 vatios al día aproximadamente, y si, contamos el movimiento de todo el cuerpo, puede alcanzar los 100 vatios, explica Zhong Lin Wang, del Instituto de Nanoenergía y Nanosistemas de Pekín y uno de los padres del invento, cuyo proceso de desarrollo, en el que ha participado también personal del Instituto de Tecnología de Georgia (Estados Unidos), donde Wang ejerce de profesor de Ciencias de los Materiales, se plasmó en un artículo publicado en la revista Nature Communications.

### **2.3.10. Baldosa piezoeléctrica**

Esta nueva invención funciona a través del uso de cristales, naturales o artificiales, que al momento de involucrarlos a esfuerzos mecánicos sueltan cargas eléctricas acorde con las investigaciones realizadas. Una vez que, se suelta la energía es manejada mediante un prototipado que genera la energía eléctrica, en la que se toma ventaja a la energía cinética con la que se efectúa mediante el impacto al caminar. “La baldosa para suelos generadores de energía consisten en una plataforma cuadrada que tiene en su interior una capa de piezoeléctricos conectados en serie a una batería”. (Mata, 2014)

Roselena Greiffenstein (2014) afirma que:

Esta tecnología ofrece la primera forma tangible para que las personas se comprometan con la generación de energía renovable. un solo paso puede producir alrededor de 7 vatios de electricidad, según el peso de la persona. Una vez se capta la energía eléctrica, 5% de ella se utiliza para encender la baldosa y el 95% restante se almacena para su uso posterior o se utiliza directamente en la aplicación para la cual está destinada. Las baldosas que se utilizan para generar este tipo de energía renovable tienen un tamaño de 45 por 60 centímetros y producen un resplandor de color verde brillante cuando son pisadas. Además, son sostenibles en su fabricación, ya que están hechas de caucho reciclado y otros materiales, también reciclados, diseñados para reemplazar los sistemas de pisos existentes.

### **2.3.11. Tensión eléctrica por deformación**

Estos transductores son dispositivos pasivos, que al momento de ponerlos en práctica tienen la capacidad de controlar la fuerza ejercida sobre el objeto de resultado de la deformación de tal manera que, estas deformaciones son comunicadas a la galga, que da como resulta a la variación de la resistencia eléctrica adecuada, para la utilización de diversas aplicaciones las industrias utilizan las galgas, se utiliza en ingeniería y en los lugares o zonas que requieran una medición específica de fuerza.

Corona & Abarca (2014) afirman que:

Distintos tipos de sensores usan este principio para lograr la transducción de fuerza o deformación a una señal eléctrica. Los sensores basados en el principio piezoeléctrico más populares son las galgas extenso métricas, sin embargo, existen otros dispositivos que utilizan este mismo principio, pero con elementos diferentes a las galgas. (pág. 210)

### **2.3.12. Intensidad de corriente**

Es la carga electrónica que pasa por un mecanismo que lo conduce a través del tiempo. Este tipo de intensidad se calcula con un galvanómetro o Amper (galvanómetro calibrado para medir corriente en conductores) y su unidad en el Sistema Internacional de Unidades es el Ampere denotado con la letra A, esta es una operación matemática que explica el volumen con el que se transmite la electricidad

es:  $I = Qt$ . Estos medios deben resistir los voltajes de carga, a mayor cantidad de carga, el material empleado debe ser más fuerte con materiales de plata, cobre, aluminio, níquel, para sobrellevar los excesivos niveles de energía.

### **2.3.13. Tensión del generador de impulsos**

Este punto es importante en la cual se controlan los niveles. Se requiere de una tensión muy alta o no se descompondrá, y si la tensión es excesiva el cable puede ser destruido. Si la falla no llega a su descomposición, no existirá ningún sonido que permita reconocerlo o la sitúe con precisión. Uno de los puntos más relevantes, es que el pulso de tensión genere el doble de espacio de pico a pico en un cable abierto no fallado, ubicado en una esquina separada.

Este procedimiento también repercute si el cable esta fallado, pero para que este se duplique debe estar tensionada entre la falla y el cable separado en la esquina. Esto se amenora, si el operador tiene en uso 15 kV de tensión de prueba, lo que se mencionó con anterioridad, son muy sensibles a la onda de choque de 15 kV pico a pico, o sea 30 kV. Los impulsos de alta tensión son evaluaciones para medir el nivel adecuado, y este no sea más elevado del que dispone la fuente.

## **2.4. Marco legal**

La constitución de la República del Ecuador, menciona entre sus deberes principales en el artículo 3: “Promover el desarrollo sustentable y la redistribución equitativa de los recursos y la riqueza, para acceder al buen vivir.”

El Título VII, “Régimen del Buen Vivir”, que abarca artículos sobre la biosfera, la ecología urbana y las energías alternativas, manda lo siguiente:

Art. 413.- El estado promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables, diversificadas, de bajo impacto y que no pongan en riesgo la soberanía sanitaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas ni el derecho al agua. Art. 414.- El estado adoptará medidas adecuadas y transversales para la mitigación del cambio climático, mediante la limitación de las emisiones de gases de efecto invernadero, de la deforestación y de la contaminación atmosférica; tomará medidas para la conservación de los bosques y la vegetación, y protegerá a la población en riesgo. (Código Orgánico del Ambiente, 2017)

Es decir, que la constitución, ampara y promueve cualquier investigación relacionada a nuevas alternativas de producción de energía eléctrica que conlleve a un ahorro eficiente en el uso de los recursos naturales que tiene el Ecuador. Así mismo, en el título VIII, “Relaciones internacionales”, dice lo siguiente:

Art. 423.- La integración, en especial con los países de Latinoamérica y el caribe será un objetivo estratégico del Estado. En todas las instancias y procesos de integración, el Estado ecuatoriano se comprometerá a: (...). Promover estrategias conjuntas de manejo sustentable del patrimonio natural, en especial la regulación de la actividad extractiva; la cooperación y complementación energética sustentable; la conservación de la biodiversidad, los ecosistemas y el agua; la investigación, el desarrollo científico y el intercambio de conocimiento y tecnología; y la implementación de estrategias coordinadas de soberanía alimentaria. (Código Orgánico del Ambiente, 2017)

La Ley Orgánica de Educación Superior (LOES), según sus fines en el artículo 8 inciso f, menciona que la finalidad de la educación superior es la de “fomentar y ejecutar programas de investigación de carácter científico, tecnológico y pedagógico que coadyuven al mejoramiento y protección del ambiente y promuevan el desarrollo sustentable nacional”

Dentro de las normas nacionales, existen varias vigentes aplicables a las formas de diseño y construcción, una de ellas es la Norma Técnica Ecuatoriana, que tiene como objetivo principal la mejora continua de la eficiencia, seguridad, utilización y consumo energético con una orientación sistemática. Los principales hitos de esta normativa son el PHVA cuyas siglas en español significan Planificar, Hacer, Verificar y Actuar, puede sintetizarse de la siguiente manera:

- Planificar: Llevar a cabo la revisión energética y establecer la línea de base, los indicadores de desempeño energético (IDEn), los objetivos, las metas y los planes de acción necesarios para lograr los resultados que mejorarán el desempeño energético de acuerdo con la política energética de la organización;
- Hacer: Implementar los planes de acción de gestión de la energía;
- Verificar: Realizar el seguimiento y la medición de los procesos y de las características clave de las operaciones que determinan el desempeño

energético en la relación a las políticas y objetivos energéticos e informar sobre los resultados;

- Actuar: tomar acciones para mejorar en forma continua el desempeño energético y el SGEEn. ( ISO 50001:2018 , 2018)

En el año 2011, el Consejo Nacional de electricidad CONELEC emite la Regulación n.004/11 donde establecen los “Requisitos, precios, periodo de vigencia y forma de despacho para la energía eléctrica entregada al Sistema Nacional Interconectado y sistema aislado, por los generadores que utilizan fuentes renovables no convencionales”, incluyendo energía eólica, biomas, biogás, fotovoltaica, geotérmica y centrales hidroeléctricas de una capacidad máxima instalada de 50 MW, con una vigencia hasta el 31 de diciembre de 2012.

Posteriormente, en el 2013 CONELEC emite la Regulación no. 001/13 para la participación de generadores de energía eléctrica producida con recursos energéticos renovables no convencionales, en el sector eléctrico del Ecuador, con un periodo de duración de 15 años, incluida la energía eólica, solar termoeléctrica, corrientes marinas, biomasa, biogás y geotermia. No obstante, un año después el mismo CONELEC emite la Regulación 014/14 en la cual solo se incluye la energía originada de biomasa, biogás y de hidroeléctricas.

#### **2.4.1. NEC-11 Capítulo 13 – Eficiencia energética en la construcción**

En el mismo año 2011, el Ministerio de Desarrollo urbano y Vivienda junto con la Cámara de Construcción de Quito, elaboran la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-11 Capítulo 13 – Eficiencia Energética en la Construcción, con el fin de disminuir de alguna manera el consumo de combustibles fósiles y recursos no renovables mediante la fomentación del diseño y construcción de edificaciones con directrices desde el punto de vista sostenible, eficiencia y buen manejo de los recursos en el Ecuador, identifica los parámetros influyentes como el uso y consumo de energía y materiales escasos, emisiones atmosféricas e impactos ambientes, etc.

El enfoque en la parte de eficiencia energética en las instalaciones de iluminaciones es un parámetro influyente del cual se detallará más adelante. “Se aplica a las áreas de trabajo en edificios, industria, oficinas, bibliotecas, museos, espacios de circulación, garajes, hospitales, etc. (...)” (NEC-11 Capítulo 13, 2011) (p. 30). Va de

la mano con un procedimiento de verificación, documentación justificada, caracterización de los requisitos, iluminación natural, cálculos, mantenimiento, conservación y criterios de diseño.

El procedimiento de verificación comprende tres pasos con los que se inicia:

- 1) El cálculo del valor de la eficiencia energética de la instalación,
- 2) La comprobación de la existencia de sistemas controladores y reguladores que optimicen el aprovechamiento de luz natural, y,
- 3) La revisión y verificación de un plan de mantenimiento para que alcance un ambiente visual aceptable.

#### **2.4.2. Valor de Eficiencia Energética de la Instalación VEEI**

Será determinada para cada zona el VEEI W/m<sup>2</sup> por cada 100 lux, eso mediante la siguiente expresión:

$$VEEI = \frac{P \cdot 100}{S \cdot E_m}$$

Dónde:

$P$  = Es la potencia total instalada en lámparas más los equipos auxiliares (W)

$S$  = Es la superficie iluminada (m<sup>2</sup>)

$E_m$  = Es la iluminancia media horizontal mantenida (lux)

Otras consideraciones que se deben tener es el aprovechamiento de la luz natural, la utilización de equipos electrónicos para el control de lámparas y el tipo, rendimiento y utilización de las luminarias que se instalarán sin que estos afecten de forma negativa a la nitidez, comodidad, sensibilidad y eficiencia visual, se considera eficiente cuando la eficiencia luminosa es superior a 60 por ciento, es decir, 60 Lm/W.

El valor límite de eficiencia energética de instalaciones puede variar, como, por ejemplo, en una zona de administración en general, el límite es de 3.5 mientras que un auditorio que llega a 10 W/m<sup>2</sup>.

**Tabla 3**

***Iluminancia media mantenida para edificios educativos:***

<b>EDIFICIOS EDUCATIVOS</b>	
<b>Tipo de interior o actividad</b>	<b><math>E_m</math> (lux)</b>
Local de juegos (escuela)	300
Aula, salón de profesores	300
Aulas para clases nocturnas, salas de lectura, pizarrones	500
Mesa de demostraciones	500
Locales de artes (en escuelas de arte), salas de dibujo técnico	750

**Fuente:** Norma Ecuatoriana de la construcción NEC-11

**Elaborado por:** Chila Pacheco, E. & Chong Proaño, M. (2019)

### **2.4.3. Sistemas de control y regulación**

Para el sistema de control y regulación, esta norma recalca que no se aceptará un solo sistema de control de encendido y apagado de luces, el convencional, por ejemplo, es por medio de tableros eléctricos; se dispone que debe haber al menos un sistema manual que encienda y apague, además de que, deberá contar con un control automático mediante detectores de presencia o temporizadores:

Toda zona dispondrá al menos un sistema de encendido y apagado manual, cuando no disponga de otro sistema de control, no aceptándose los sistemas de encendido y apagado en tableros eléctricos como único sistema de control. Las zonas de uso esporádico dispondrán de un control de encendido y apagado por sistema de detección de presencia o sistema de temporización. (NEC-11 Capítulo 13, 2011)(p. 33)

Por otra parte, internacionalmente, existen varias normativas o decretos sobre eficiencia energética y certificación de la misma. La unión europea con un decreto denominado “Real decreto 235/2013” aprobó el cinco de abril del 2013, un procedimiento básico para certificar la eficiencia energética de los edificios y la metodología de cálculo de su calificación de eficiencia considerando los factores de mayor incidencia en el consumo energético de los edificios. Su finalidad es la de promover la eficiencia energética por medio de información objetiva proporcionada a los compradores y usuarios en cuanto a las características o capacidades energéticas

de los edificios, plasmado en un certificado el cual permitirá valorar y comparar sus prestaciones.

De acuerdo al Real decreto, el procedimiento podrá aplicarse a los edificios nuevos en construcción, edificios o partes existentes que estén a la venta o alquiler a un nuevo arrendatario que no posea un certificado vigente y por último a los edificios o partes de uno, donde una autoridad pública ocupe más de 250 m<sup>2</sup> de área útil y habitualmente sea frecuentado por el público. El decreto tuvo varias actualizaciones, en una disposición adicional se indicaba originalmente que, a partir del 31 de diciembre de 2020, todos los edificios de nueva construcción serían edificios de consumo de energía casi nulo, pero la actualización luego de cuatro años cambió de manera que:

A más tardar el 31 de diciembre de 2020, los edificios nuevos serán edificios de consumo de energía casi nulo, (...). Los edificios nuevos que vayan a estar ocupados y sean de titularidad pública, serán edificios de consumo casi nulo después del 31 de diciembre de 2018. Los requisitos mínimos que deben satisfacer esos edificios serán los que en cada momento se determinen en el Código Técnico de la Edificación. (Real decreto 564/2017, 2017)

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **Metodología**

Es el proceso que sirve de guía en la investigación, la cual brinda la oportunidad de conocer todos los métodos y técnicas que se pueden aplicar según sea conveniente para el estudio. La finalidad de esta técnica radica en obtener mejores resultados por medio del análisis enfocado en un diseño sostenible para la eficiencia energética de iluminación utilizando efecto piezoeléctrico en los bloques FIIC de la ULVR.

#### **3.1. Métodos.**

##### **3.1.1. Método Hipotético Deductivo**

La función de este método implica la observación, la construcción de una hipótesis y las conjeturas propias de las suposiciones para su comprobación bajo la referencia de las experiencias para ser comprobadas. Esta información será tomada de archivos o trabajos ya realizados con anterioridad como un soporte que permita dar las soluciones respectivas a las incidencias referentes a la eficiencia energética de la iluminación en los bloques FIIC de la ULVR.

##### **3.1.2. Método experimental**

El método experimental le concede al investigador la oportunidad de manejar las variables según su conveniencia para establecer la conexión que poseen entre sí. Con la mayor cantidad de información obtenida del grupo objetivo determinado, este método dará a conocer qué tan factible será la relación de este proyecto como una nueva alternativa renovable denominado efecto piezoeléctrico.

#### **3.2. Tipos de Investigación**

##### **3.2.1. Investigación Exploratoria.**

Se lo considera el primer camino que debe seguir el investigador ya que con esta se obtiene información inicial que dará paso a un investigación más exhaustiva, se plantean las hipótesis para saber si existe la oportunidad de tomar información de otros documentos o lo que se investiga pueda aportar a otros estudios en este caso la propuesta planteada desea por medio de la implementación de este diseño para medir la eficiencia eléctrica de iluminación de los bloques FIIC lograr grandes beneficios

para la universidad y en algún momento aportar o colaborar a empresas u otras instituciones.

### **3.2.2. Investigación Descriptiva**

En esta investigación se detalla las circunstancias o eventos relacionados con el estudio donde se especifica comportamientos del grupo objetivo, en este caso de la Universidad Laica Vicente Rocafuerte para realizar la implementación de un nuevo proyecto en el que se implemente mecanismos de protección medioambiental y reducir gastos para la institución.

### **3.2.3. Investigación de campo.**

Esta investigación es realizada en el lugar donde ocurrieron los inconvenientes, esta información se la obtiene a través de las diferentes técnicas que contribuirán a obtener datos reales sobre el estudio que será realizado en la ciudad de Guayaquil en los bloques FIIC de la ULVR para conocer las falencias o el problema que presente el consumo excesivo eléctrico y como establecer alternativas renovables que permita optimizar recurso y vivir en un ambiente más acogedor sin perjudicar el buen desempeño de los estudiantes o transeúntes.

### **3.2.4. Investigación Documental o Bibliográfica**

Esta investigación hace referencia a documentos tomados de trabajos con enfoques similares tomado de libros, información digital, entre otros que brinde mediante la información recopilada en internet el uso verídico y funcional de las baldosas piezoeléctricas con su aporte al medio ambiente y reducción de gastos energéticos que beneficien a la comunidad educativa y a la sociedad a través de proyectos similares realizadas anteriormente en otros lugares.

## **3.3. Enfoque**

Este estudio esta direccionado con un enfoque mixto cuali-cuantitativo, debido al gran aporte en la investigación desde el punto de vista numérico o estadístico y sus cualidades ya que le da un mayor control para analizar los fenómenos basados en hechos similares mediante un acceso directo a la información ubicados en los bloques FIIC en el que se establecido: bloque civil = 22,024W/h (2.20kW/h) y bloque arquitectura = 20,373W/h (2.04kW/h) por tal motivo se buscan alternativas para reducir el consumo eléctrico excesivo.

### **3.4. Técnicas e Instrumentos**

#### **3.4.1. Entrevista**

Esta técnica sirve para la recolección de información, por lo general se la realiza entre dos personas mediante una conversación enfocada en un tema específico. Para esta investigación, aportará en conocimientos respecto a las falencias que se han presentado por el exceso de consumo energético que registra la Universidad que será realizada a los encargados de mantenimiento y Subdecano de la facultad para establecer las posibles soluciones frente al excesivo consumo que se ha presentado en los edificios FIIC por el uso energético innecesario. El formato de la entrevista se encuentra en los anexos de la presente investigación.

#### **3.4.2. Encuestas**

Esta técnica es muy utilizada para obtener la mayor cantidad de información optimizando tiempo y recursos, se seleccionaron preguntas con mayor relevancia que son diseñadas para los estudiantes de los bloques FIIC de la ULVR y conocer que tan beneficioso es la realización de este proyecto para los bloques y como contribuye económica y socialmente a la sociedad. El formato de las encuestas se encuentra en los anexos de la presente investigación.

#### **3.4.3. Observación**

Esta técnica permite especificar y plantear una explicación de los hechos y eventos planteados dentro del marco teórico, en esta propuesta se darán a conocer las falencias como avances actuales que se han obtenido en estos últimos años la Universidad y ver la factibilidad de elaborar de un diseño sostenible para la eficiencia energética de iluminación utilizando efecto piezoeléctrico en los bloques FIIC de la ULVR.

Heinemann Klaus (2013) considera que:

La observación científica es la captación previamente planeada y el registro controlado de datos con una determinada finalidad para la investigación, mediante la percepción visual o acústica de un acontecimiento. El termino observación no se refiere, pues, a las formas de percepción si no a las técnicas de captación sistemática controlada y estructurada de los aspectos de un acontecimiento que son relevantes para el tema de estudio y para las suposiciones teóricas en que este se basa. (pág. 135)

### **3.5. Población.**

La población está conformada por un conjunto de personas que poseen características similares, que se encuentran en un lugar o territorio determinado, Según datos tomados de la Universidad Laica Vicente Rocafuerte, ubicada en la ciudad de Guayaquil en el que se obtuvo información referente a la cantidad de estudiantes matriculados por semestre de las carreras Civil y Arquitectura que se encuentran en los edificios FIIC y medir la afluencia de personas por horario la cual cuenta con una población de:

**Tabla 4*****Población***

Total de Alumnos Por Unidad Académica

<b>Facultad</b>	<b>Carrera</b>	<b>Jornada</b>	<b>1ro.</b>	<b>2do.</b>	<b>3ro.</b>	<b>4to.</b>	<b>5to.</b>	<b>6to.</b>	<b>7mo.</b>	<b>8vo.</b>	<b>9no.</b>	<b>10mo.</b>	<b>11vo.</b>	<b>12vo.</b>	<b>Total</b>	
Facultad de Arquitectura	Arquitectura   FARQ	NOCTURNA	0	0	0	0	2	57	60	44	50	0	57	0	270	
Facultad de Ingeniería Civil	Ingeniería Civil   FICI	NOCTURNA	0	0	0	0	10	75	46	76	52	0	75	0	334	
Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción	Arquitectura   NFI	NOCTURNA	6	43	26	1	44	0	0	0	0	0	0	0	120	
Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción	Arquitectura   NFI	VESPERTINA	69	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	69	
Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción	Arquitectura   NFI	DIURNA	65	62	33	30	0	0	0	0	0	0	0	0	190	
Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción	Ingeniería Civil   NFI	NOCTURNA	102	91	37	46	36	0	0	0	0	0	0	0	312	
Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción	Ingeniería Civil   NFI	DIURNA	123	80	38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	241	
<b>TOTAL</b>				<b>365</b>	<b>276</b>	<b>134</b>	<b>77</b>	<b>92</b>	<b>132</b>	<b>106</b>	<b>120</b>	<b>102</b>	<b>0</b>	<b>132</b>	<b>0</b>	<b>1536</b>

Elaborado por: Chila Pacheco, E. &amp; Chong Proaño, M. (2019)

### 3.6. Muestra

La muestra es tomada de la población de un sector o lugar específico. la muestra se divide en varias fases, pero entre las más importantes está el muestreo probabilístico y no probabilístico. La población de estudiantes establecida en el sector es de 1536 personas de las diferentes carreras y horarios tiene una muestra probabilística que con la información establecida de la población seleccionará a cada individuo que participa en la investigación tiene las mismas posibilidades de ser evaluado, para lo cual es necesario aplicar la siguiente fórmula:

Representa en la fórmula:

$$n = \frac{z^2 \times P \times Q \times N}{e^2(N - 1) + z^2 \times P \times Q}$$

n = Tamaño de la muestra

Z = Nivel de confianza 95% (1,96)

Z<sup>2</sup> = Nivel de confianza elevado al cuadrado (3,84)

P = Probabilidad de ocurrencia 0,5

Q = Probabilidad de no ocurrencia 1-0,5 = 0,5

N = Población = 1.536

e<sup>2</sup> = Error de muestreo 5% (0,05)

$$n = \frac{3,84 * 1536 * 0,25}{0,0025 (1536 - 1) + 3,84 * 0,25}$$

$$n = \frac{1474,56}{4,7975}$$

$$n = 307$$

**Tabla 5**

***Muestra***

Ítem	Informantes	Población
1	Subdecano de la facultad	1
2	Personal de mantenimiento	1
3	Habitantes	307
<b>TOTAL</b>		<b>309</b>

**Elaborado por:** Chila Pacheco, E. & Chong Proaño, M. (2019)

### **3.7. Análisis de los resultados**

Por medio de las entrevistas realizadas al personal de mantenimiento y Subdecano de la facultad, además de las encuestas realizadas a los estudiantes de los bloques FIIC se obtiene el siguiente análisis:

#### **3.7.1. Análisis de las entrevistas**

Respecto a mecanismos alternos de generación de electricidad, el directivo señaló la existencia de un generador eléctrico limitado, pero manifestó no conocer el nivel de consumo mensual que la institución tiene. En lo referente a inconvenientes, el encargado de mantenimiento señaló problemas en las instalaciones por su estado vetusto y la sobrecarga de las mismas, el directivo no concordó en este tema y señaló como problema los apagones generales existentes.

Ambos consultados opinaron que el consumo innecesario es un desperdicio, y genera altas cargas de contaminación por el exceso de consumo de energía proveniente de centrales eléctricas tradicionales. El ruido y el esmog fueron señalados como los principales inconvenientes en el uso de generadores eléctricos independientes; así mismo, la energía renovable fue reconocida por su importancia en el cuidado ambiental y tanto el encargado de mantenimiento como el directivo, demostraron tener nociones sobre esta categoría consultada.

En cuanto al conocimiento de las baldosas piezoeléctricas, el encargado admitió no conocer de lo que trataba, pero que cualquier iniciativa que se implementara a futuro debería considerar la readecuación de las instalaciones eléctricas. Por su parte, el directivo admitió no conocer a precisión la parte tecnológica de las baldosas, pero que sí reconoce su utilidad como forma de generación y suministro de energía a bajo costo, y que si esto llegara a reemplazar algo más del 50% de la energía empleada actualmente sería una alternativa eco-eficiente para la administración.

El cambio de luminarias se da en un lapso de 60-120 días dependiendo de su tipo y de la culminación de su vida útil. El directivo señaló que existe un centro temporal de acopio para desechos no peligrosos, pero el encargado indicó que al final, todo va a la basura. Ambos coincidieron en que las luminarias permanecen encendidas en un lapso de 10-14 horas diarias, y que no existe un sistema automatizado de encendido y apagado de las mismas. Todos los breakers al final del día se bajan y queda desconectado hasta la siguiente jornada.

**Tabla 6**

*Análisis de las entrevistas*

Categorías consultadas	Entrevistados	
	Encargados de mantenimiento	Subdecano de la facultad
<b>Mecanismos internos de generación de electricidad y consumo mensual</b>	Desconocimiento de la existencia de métodos alternativos de suministro de energía	Cuenta con un generador eléctrico limitado. No conoce el consumo mensual de la institución.
<b>Existencia de inconvenientes eléctricos en los bloques FIIC de la ULVR</b>	Instalaciones vetustas, circuitos no identificados y sobrecarga	Cuando ocurren apagones generales
<b>Opinión del consumo eléctrico innecesario y su impacto ambiental</b>	Desperdicio de energía. Encendido de luces en ambientes iluminados de forma natural.	Algo perjudicial, de alcance regional y que produce cargas contaminantes en la generación tradicional de energía eléctrica
<b>Problemas que provocan los generadores energéticos</b>	Aparte de la contaminación por el esmog. Genera mucho ruido lo que afecta al desarrollo de las clases	Exceso de ruido al momento de su utilización
<b>Conocimiento de la energía renovable y sus beneficios</b>	Tiene nociones. Por ejemplo, generadores eólicos en la ciudad de Loja y paneles solares	La reducción de contaminantes atmosféricos
<b>Conocimiento sobre las baldosas piezoeléctricas y su función en el aprovechamiento energético</b>	No conoce	No conoce a exactitud su forma de funcionamiento, pero sí de los beneficios que la tecnología puede brindar
<b>Utilización de baldosas con efecto piezoeléctrico como parte de diseño ecoeficiente y sostenible</b>	Desconoce de la tecnología, pero indica que para cualquier alternativa debe realizarse primero un mantenimiento a las instalaciones actuales. Y quitar luminarias innecesarias	Si esta iniciativa llegara a sustituir el uso de más de 50% de energía tradicional y sin costo y perjuicio ambiental, se analizaría como solución eco-eficiente.
<b>Frecuencia de cambio/compra en luminarias</b>	Se reemplazan cada quincena, porque se queman (120 tubos fluorescentes y 60 balastos)	No conoce, pero asume que el cambio se debe al desgaste y vida útil
<b>Manejo de desperdicios (luminarias desechadas)</b>	Todo se desecha a la basura	La ULVR posee un centro temporal de acopio para los desechos sólidos no peligrosos.
<b>Tiempo de encendido y apagado de luminarias</b>	En diferentes horarios, las luminarias se encienden aproximadamente durante 14 horas diarias.	Entre 10-14 horas diarias en los edificios
<b>Existencia de procedimiento de encendido y apagado de luminarias</b>	Es manual. Al final del día se bajan todos los breakers y quedan desconectadas todas las instalaciones	Desconoce si existe un sistema automatizado de control de luminarias

Elaborado por: Chila Pacheco, E. & Chong Proaño, M. (2019)

### 3.7.2. Análisis de las encuestas

Por medio de las encuestas realizadas a los estudiantes de los bloques FIIC para conocer su opinión sobre:

La iluminación en los bloques FIIC desde la perspectiva de los usuarios se considera en mayor cantidad el 44% adecuada, el 34% algo molesta. Evaluación entre los problemas de iluminación que existen dentro de los bloques FIIC está el 19% luces producen brillos o reflejos, el 18% existen sombras molestosas, y un 15% fuerza la vista. Sobre la existencia de algún aspecto del confort del aula y cual se considera más importante, se obtuvo que un 27% ventilación, el 23% temperatura, el 22% iluminación. Según los aspectos más relevantes a la hora de optimizar recursos eléctricos en las aulas, se obtuvo que un 31% energía renovable, el 24% automatización de los servicios (domótica), el 21% el uso de materiales con fines energéticos.

Las energías renovables que existen en el mercado que podrían ser una alternativa viable para ser utilizada, se obtuvo que un 25% iluminación led, el 22% energía eólica, y un 19% energía hidráulica. Los generadores energéticos actuales generan contaminación, se obtuvo que un 41% sí, el 59% no. Acerca si conoce o ha escuchado de las baldosas piezoeléctricas generadoras de energía, se obtuvo que un 74% no y el 26% sí. Con la implementación de un nuevo sistema eléctrico con energía renovable como las baldosas piezoeléctricas para ser colocados en los bloques de la ULVR sea de gran utilidad esta el 34% de acuerdo, 30% totalmente de acuerdo, 17% indiferente.

Estos valores fueron tomados del análisis estadístico de las tabulaciones en las que se determina un alto número de personas que están de acuerdo con la implementación de un sistema eléctrico más amigable e incluso que proteja al medio ambiente, y que este funcione apropiadamente para obtener un mejor estilo de vida.

## ENTREVISTA AL SUBDECANO

### **Objetivo**

Obtener información para conocer las vicisitudes presentadas y buscar las posibles soluciones a través de un diseño sostenible para la eficiencia energética de iluminación utilizando efecto piezoeléctrico en los bloques FIIC de la ULVR.

**Entrevistado:** MSc. Ing. Milton Andrade

**Elaborado por:** Eduardo Chila y Meiling Chong

### **1. ¿Qué tipo de mecanismos internos se utiliza para generar electricidad y cuál es el consumo mensual que maneja la institución?**

La ULVR cuenta con un generador eléctrico de capacidad limitada y para áreas específicas. No poseo datos sobre el consumo mensual de la institución.

### **2. ¿Se han presentado algún tipo de inconvenientes eléctricos en los bloques FIIC de la ULVR?**

Cuando ocurren los apagones generales.

### **3. ¿Qué opina sobre el impacto ambiental que provoca el consumo eléctrico innecesario?**

El impacto ambiental específico se considera perjudicial, de intensidad moderada y de alcance regional, ya que consumir energía innecesariamente trae como consecuencia la utilización de recursos, ejecución de actividades y producción de cargas contaminantes en los procesos de las empresas que generan energía eléctrica.

### **4. ¿Conoce usted los problemas que provocan los generadores energéticos en la actualidad?**

Exceso de ruido al momento de su utilización

### **5. ¿Usted conoce o ha escuchado acerca de la energía renovable y cuáles son los beneficios que le ofrece al planeta?**

El principal beneficio es la reducción de contaminantes atmosféricos, la generación de energía limpia.

### **6. ¿Tiene conocimiento sobre las baldosas piezoeléctricas y su función en el aprovechamiento de la energía cinética provocado por el caminar de las personas?**

Se tiene un conocimiento somero sobre el funcionamiento de las baldosas, pero los beneficios son potencialmente favorables.

**7. ¿Cree usted que con el diseño sostenible para la eficiencia energética de iluminación utilizando efecto piezoeléctrico en los bloques FIIC de la ULVR será la solución a los inconvenientes energéticos (costos, contaminación ambiental entre otros)?**

Considero que, si este tipo de generación de energía sustituye el uso de más del 50% de la fuente de energía eléctrica tradicional, se analizaría como soluciones eficientes.

**8. ¿Cada qué periodo se cambian o compran las luminarias en la institución y cuáles son los motivos de los mismos?**

No poseo la información sobre la frecuencia de reemplazo de las luminarias. La razón del cambio podría decirse que es por desgaste y tiempo de vida útil.

**9. ¿En qué lugar desechan o colocan los focos quemados o aquellos que se encuentran en mal estado?**

La ULVR posee un centro temporal de acopio para los desechos sólidos no peligrosos.

**10. ¿Cuál es el tiempo de encendido y apagado de las luminarias durante el día y la noche?**

Estimo que las luminarias exteriores están encendidas entre 10 a 14 horas diarias. Dentro de los edificios, el tiempo de encendido sería solamente durante las horas de clases.

**11. ¿Existe algún tipo de procedimiento de encendido y apagado de luces en los bloques FIIC de la ULVR y cuál es?**

Desconozco si existe un sistema automatizado para el control de luminarias.

## ENTREVISTA AL PERSONAL DE MANTENIMIENTO

### **Objetivo**

Obtener información para conocer las vicisitudes presentadas y buscar las posibles soluciones a través de un diseño sostenible para la eficiencia energética de iluminación utilizando efecto piezoeléctrico en los bloques FIIC de la ULVR.

**Entrevistado:** Personal de mantenimiento de los bloques

**Elaborado por:** Eduardo Chila y Meiling Chong

### **1. ¿Qué tipo de mecanismos internos se utiliza para generar electricidad y cuál es el consumo mensual que maneja la institución?**

Desconozco si hay otro mecanismo de generación además de la energía suministrada por la empresa eléctrica y el consumo también es desconocido.

### **2. ¿Se han presentado algún tipo de inconvenientes eléctricos en los bloques FIIC de la ULVR?**

Si entre ellas menciono las siguientes:

Instalaciones vetustas

Circuitos no identificados

Sobrecarga de circuitos

### **3. ¿Qué opina sobre el impacto ambiental que provoca el consumo eléctrico innecesario?**

El desperdicio de energía de la universidad puede ser utilizado en otros sectores más necesarios. el encendido de luces en ambientes iluminados de forma natural también es un desperdicio.

### **4. ¿Conoce usted los problemas que provocan los generadores energéticos en la actualidad?**

El arranque de los generadores ocasiona mucho esmog, lo cual contamina al medio ambiente, además del molesto sonido que emite no permitiría que las clases se den con tranquilidad.

### **5. ¿Usted conoce o ha escuchado acerca de la energía renovable y cuáles son los beneficios que le ofrece al planeta?**

He escuchado del término renovable pero no conozco mucho sobre generadores más que los eólicos que el gobierno implemento en la ciudad de Loja, igual sobre los paneles solares que son instalados en las cubiertas, pero no se su funcionamiento.

**6. ¿Tiene conocimiento sobre las baldosas piezoeléctricas y su función en el aprovechamiento de la energía cinética provocado por el caminar de las personas?**

No conozco sobre las baldosas ni su funcionamiento.

**7. ¿Cree usted que con el diseño sostenible para la eficiencia energética de iluminación utilizando efecto piezoeléctrico en los bloques FIIC de la ULVR será la solución a los inconvenientes energéticos (costos, contaminación ambiental entre otros)?**

Se debe hacer un mantenimiento a todas las instalaciones actuales, la implementación de esta tecnología puede ser de mucho beneficio para la universidad y al mismo tiempo al personal de mantenimiento porque al haber menos luminarias que cambiar podrían desempeñarse otras actividades como mantenimiento a las áreas verdes y limpieza. Actualmente existen 7 personas trabajando durante el día en horarios rotativos. 2 dedicados a los acondicionadores de aires, 2 electricistas, 2 gasfiteros y 1 jardinero.

**8. ¿Cada qué periodo se cambian o compran las iluminarias en la institución y cuáles son los motivos de los mismos?**

Cada quincena se compran aproximadamente 120 tubos de fluorescentes (4 cajas de 30) y 60 balastos para evitar que se quemem.

**9. ¿En qué lugar desechan o colocan los focos quemados o aquellos que se encuentran en mal estado?**

Todo se desecha a la basura

**10. ¿Cuál es el tiempo de encendido y apagado de las luminarias durante el día y la noche?**

Se encienden en diferentes horarios. Hay clases desde las 7:00-11:00, 14:00-18:00, 16:30-20:30, 18:30-22:30

**11. ¿Existe algún tipo de procedimiento de encendido y apagado de luces en los bloques FIIC de la ULVR y cuál es?**

El encendido y apagado es manual, y al final de cada día se bajan todos los breakers quedando desconectadas todas las instalaciones.

**ENCUESTA REALIZADA A LOS ESTUDIANTES DE LA ULVR.  
EFICIENCIA ENERGETICA EN ILUMINACIÓN**

1.- ¿Cómo considera usted que es la iluminación en los bloques FIIC?

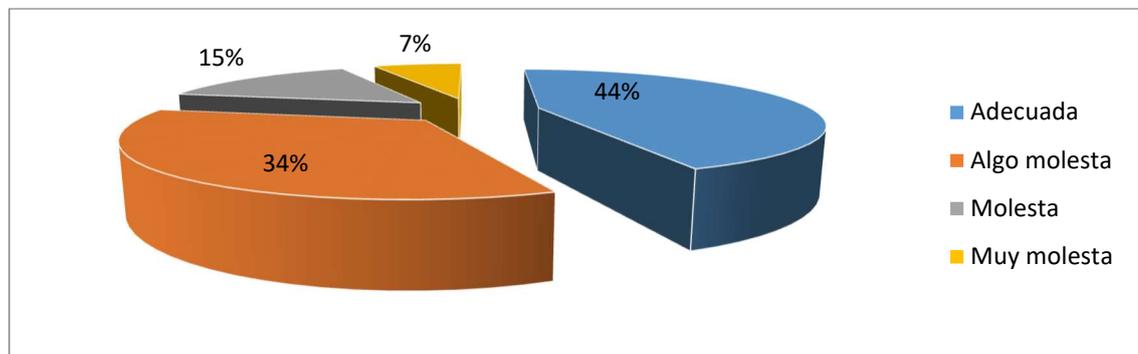
**Tabla 7**

*Iluminación en los bloques FIIC*

ITEM	VALORACIÓN	FRECUENCIA	PORCENTAJE
4	<b>Adecuada</b>	135	44%
3	<b>Algo molesta</b>	105	34%
2	<b>Molesta</b>	46	15%
1	<b>Muy molesta</b>	21	7%
<b>TOTAL</b>		<b>307</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Estudiantes bloques FIIC

**Elaborado por:** Chila Pacheco, E. & Chong Proaño, M. (2019)



**Gráfico 5** Iluminación en los bloques FIIC

**Elaborado por:** Chila Pacheco, E. & Chong Proaño, M. (2019)

**Análisis:**

Por medio de las encuestas se desea conocer su opinión sobre la iluminación en los bloques FIIC. El 44% adecuada, el 34% algo molesta, y 15% molesta, y con un 7% muy molesta.

2.- Según las siguientes afirmaciones que se van a mencionar. ¿Usted con cuál está de acuerdo?

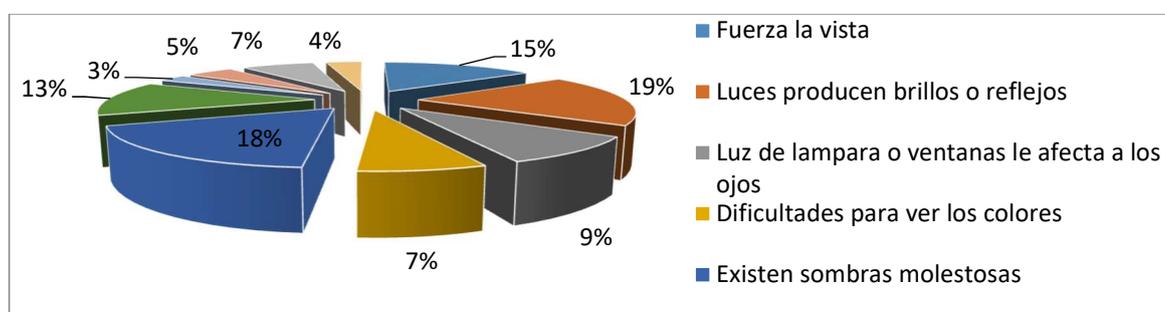
**Tabla 8**

**Problemas con la iluminación**

ITEM	VALORACIÓN	FRECUENCIA	PORCENTAJE
10	<b>Fuerza la vista</b>	46	15%
9	<b>Luces producen brillos o reflejos</b>	60	19%
8	<b>Luz de lampara o ventanas afecta a los ojos</b>	29	9%
7	<b>Dificultades para ver los colores</b>	22	7%
6	<b>Existen sombras molestosas</b>	55	18%
5	<b>Luz excesiva</b>	40	13%
4	<b>Requiere de mas luz</b>	8	3%
3	<b>Existen reflejos incómodos</b>	14	5%
2	<b>Las lámparas, son molestosas</b>	22	7%
1	<b>Hay luces que parpadean</b>	11	4%
<b>TOTAL</b>		<b>307</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Estudiantes bloques FIIC

**Elaborado por:** Chila Pacheco, E. & Chong Proaño, M. (2019)



**Gráfico 6 Problemas con la iluminación**

**Elaborado por:** Chila Pacheco, E. & Chong Proaño, M. (2019)

**Análisis:**

Por medio de las encuestas se conoce la opinión sobre los problemas de iluminación que existen dentro de los bloques FIIC. El 19% Luces producen brillos o reflejos, el 18% Existen sombras molestosas, y un 15% Fuerza la vista, y el 13% Luz excesiva, 9% Luz de lámpara o ventanas les afecta a los ojos, 7% Dificultades para ver los colores, un 7% Existen reflejos incómodos; Las lámparas, son molestosas; 5% existen reflejos incómodos, el 4% Hay luces que parpadean, el 3% Requiere de mas luz.

**3.- ¿Qué aspecto del confort de su aula le parece más importante? Escoja un ítem**

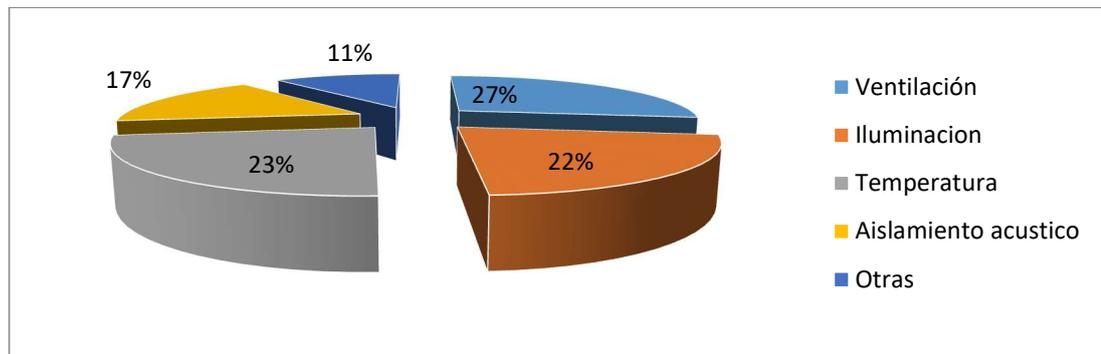
**Tabla 9**

**Aspectos de confort**

ITEM	VALORACIÓN	FRECUENCIA	PORCENTAJE
5	<b>Ventilación</b>	84	27%
4	<b>Iluminacion</b>	67	22%
3	<b>Temperatura</b>	72	23%
2	<b>Aislamiento acustico</b>	51	17%
1	<b>Otras</b>	33	11%
<b>TOTAL</b>		<b>307</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Estudiantes bloques FIIC

**Elaborado por:** Chila Pacheco, E. & Chong Proaño, M. (2019)



**Gráfico 7 Aspectos de confort**

**Elaborado por:** Chila Pacheco, E. & Chong Proaño, M. (2019)

**Análisis:**

Los resultados de las encuestas sobre si existe algún aspecto del confort de su aula y cual le parece más importante. se obtuvo que un 27% ventilación, el 23% temperatura, el 22% iluminación, 17% aislamiento acústico un 11% otros.

**4.- ¿Cuál de los siguientes puntos que se van a mencionar considera más relevante a la hora de optimizar recursos eléctricos en las aulas?**

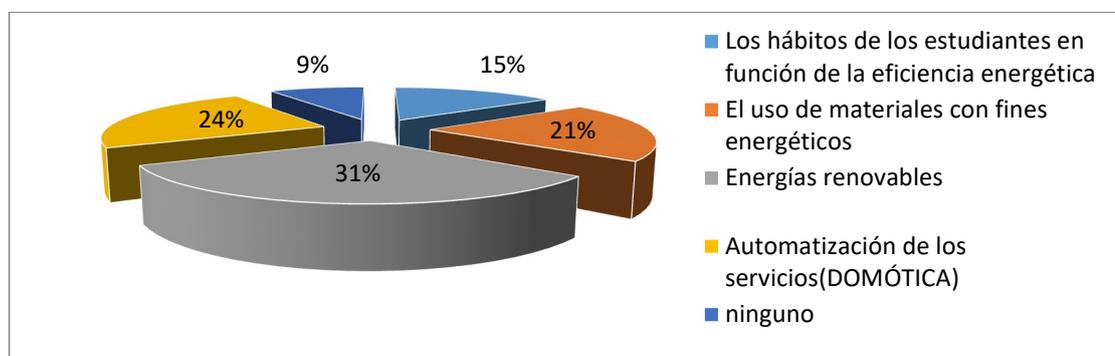
**Tabla 10**

**Relevancia sobre los recursos eléctricos en aulas**

ITEM	VALORACIÓN	FRECUENCIA	PORCENTAJE
5	<b>Los hábitos de los estudiantes en función de la eficiencia energética</b>	46	15%
4	<b>El uso de materiales con fines energéticos</b>	64	21%
3	<b>Energías renovables</b>	97	31%
2	<b>Automatización de los servicios (DOMÓTICA)</b>	73	24%
1	<b>Ninguno</b>	27	9%
<b>TOTAL</b>		<b>307</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Estudiantes bloques FIIC

**Elaborado por:** Chila Pacheco, E. & Chong Proaño, M. (2019)



**Gráfico 8 Relevancia sobre los recursos eléctricos en aulas**

**Elaborado por:** Chila Pacheco, E. & Chong Proaño, M. (2019)

**Análisis:**

Una vez realizadas las encuestas se tiene su opinión sobre los aspectos más relevante a la hora de optimizar recursos eléctricos en las aulas, se obtuvo que un 31% energía renovable, el 24% Automatización de los servicios (DOMÓTICA), el 21% El uso de materiales con fines energéticos, el 15% Los hábitos de los estudiantes en función de la eficiencia energética, 9% ninguno.

**5.- De las energías renovables que existen en el mercado, en su opinión, ¿Cuáles podrían ser una alternativa viable para utilizarla?**

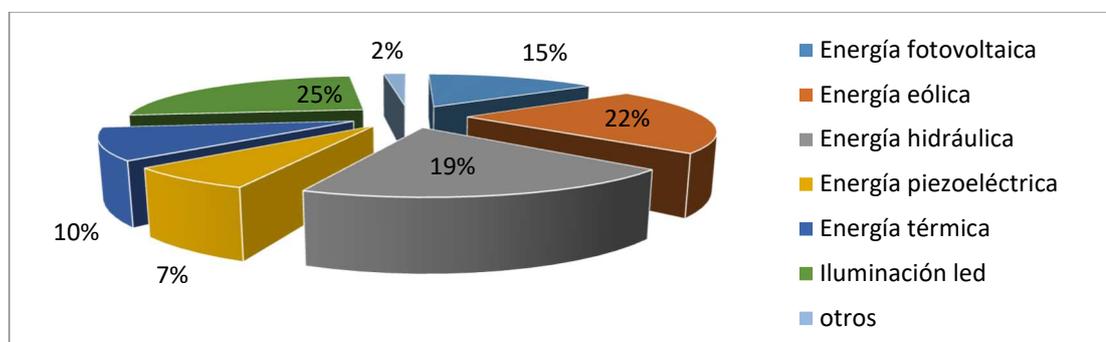
**Tabla 11**

***Energías renovables como alternativa***

ITEM	VALORACIÓN	FRECUENCIA	PORCENTAJE
7	<b>Energía fotovoltaica</b>	46	15%
6	<b>Energía eólica</b>	67	22%
5	<b>Energía hidráulica</b>	59	19%
4	<b>Energía piezoeléctrica</b>	21	7%
3	<b>Energía térmica</b>	31	10%
2	<b>Iluminación led</b>	77	25%
1	<b>Otros</b>	6	2%
<b>TOTAL</b>		<b>307</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Estudiantes bloques FIIC

**Elaborado por:** Chila Pacheco, E. & Chong Proaño, M. (2019)



**Gráfico 9 Energías renovables como alternativa**

**Elaborado por:** Chila Pacheco, E. & Chong Proaño, M. (2019)

**Análisis:**

Una vez realizadas las encuestas se tiene su opinión sobre la energía renovables que existen en el mercado, y cuáles podrían ser una alternativa viable para utilizarla, se obtuvo que un 25% iluminación led, el 22% energía eólica, y un 19% energía hidráulica, 15% energía fotovoltaica, y 10% energía térmica, 7% energía piezoeléctrica, y un 2% otras.

**6.- ¿Cree usted que los generadores energéticos actuales generan contaminación?**

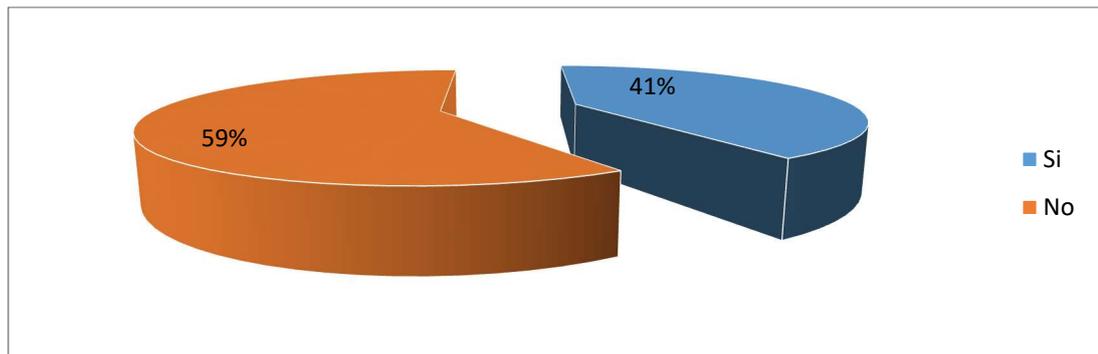
**Tabla 12**

***Generadores eléctricos que generen contaminación***

ITEM	VALORACIÓN	FRECUENCIA	PORCENTAJE
2	<b>Si</b>	126	41%
1	<b>No</b>	181	59%
<b>TOTAL</b>		<b>307</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Estudiantes bloques FIIC

**Elaborado por:** Chila Pacheco, E. & Chong Proaño, M. (2019)



**Gráfico 10** Generadores eléctricos que generen contaminación

**Elaborado por:** Chila Pacheco, E. & Chong Proaño, M. (2019)

**Análisis:**

Una vez realizadas las encuestas se tiene su opinión sobre los generadores energéticos actuales generan contaminación, se obtuvo que un 41% si, el 59% no.

**7 - ¿Conoce o ha escuchado acerca de las baldosas piezoeléctricas generadoras de energía?**

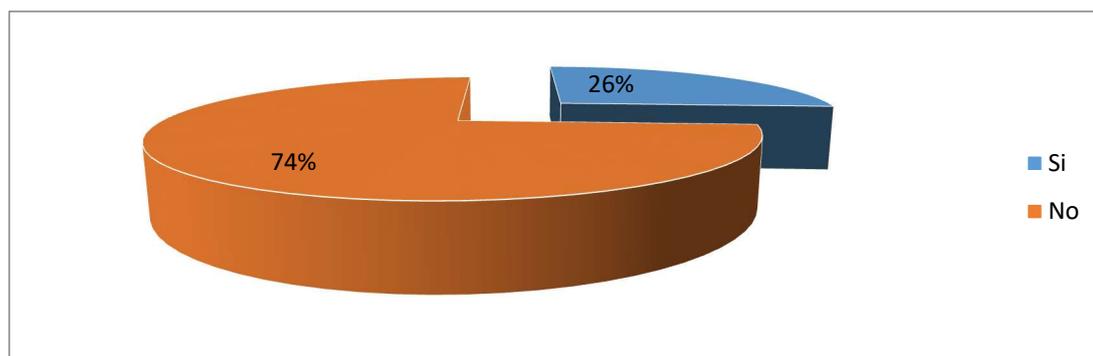
**Tabla 13**

***Conocimiento sobre baldosas piezoeléctricas***

ITEM	VALORACIÓN	FRECUENCIA	PORCENTAJE
3	<b>Si</b>	80	27%
2	<b>No</b>	227	21%
<b>TOTAL</b>		<b>307</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Estudiantes bloques FIIC

**Elaborado por:** Chila Pacheco, E. & Chong Proaño, M. (2019)



**Gráfico 11** Conocimiento sobre baldosas piezoeléctricas

**Elaborado por:** Chila Pacheco, E. & Chong Proaño, M. (2019)

**Análisis:**

Una vez realizadas las encuestas sobre si conoce o ha escuchado acerca de las baldosas piezoeléctricas generadoras de energía, se obtuvo que un 74% no y el 26% sí.

8. ¿Considera que la implementación de un nuevo sistema eléctrico con energía renovable como las baldosas piezoeléctricas para ser colocados en los bloques de la URVL sea de gran utilidad?

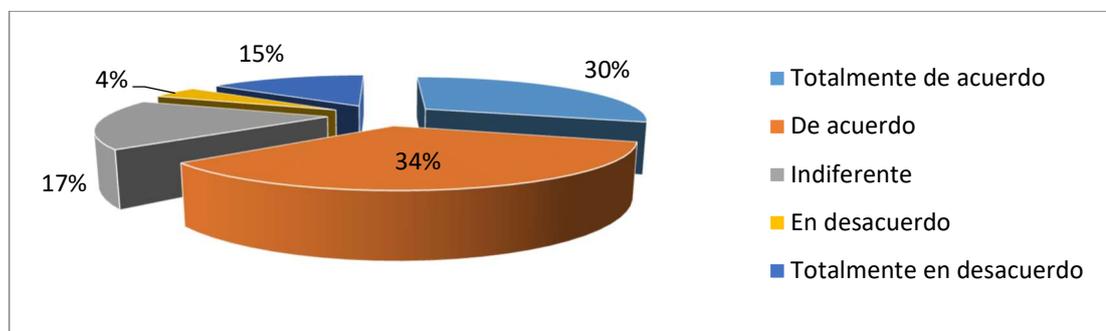
**Tabla 14**

***Implementación de un nuevo sistema eléctrico***

ITEM	VALORACIÓN	FRECUENCIA	PORCENTAJE
5	<b>Totalmente de acuerdo</b>	92	30%
4	<b>De acuerdo</b>	104	34%
3	<b>Indiferente</b>	53	17%
2	<b>En desacuerdo</b>	13	4%
1	<b>Totalmente en desacuerdo</b>	45	15%
<b>TOTAL</b>		<b>307</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Estudiantes bloques FIIC

**Elaborado por:** Chila Pacheco, E. & Chong Proaño, M. (2019)



**Gráfico 12 Implementación de un nuevo sistema eléctrico**

**Elaborado por:** Chila Pacheco, E. & Chong Proaño, M. (2019)

**Análisis:**

Por medio de las encuestas se conoce la opinión sobre la implementación de un nuevo sistema eléctrico con energía renovable como las baldosas piezoeléctricas para ser colocados en los bloques de la URVL sea de gran utilidad. El 34% de acuerdo, 30% totalmente de acuerdo, 17% indiferente y con el 15% Totalmente en desacuerdo, el 4% en desacuerdo.

## FICHA DE OBSERVACIÓN

---

<b>Lugar:</b> Universidad Vicente Rocafuerte		
<b>Fecha:</b> semana del 16-20 Julio del 2018	<b>Hora de inicio:</b> 7:00am- 11:30 am	<b>Hora de final:</b> 17:00pm- 22:20pm
<b>Observadores:</b> Eduardo Chila, Meiling Chong		

---

### **Impresión general:**

**Observación:** En conjunto al desarrollo de las encuestas se realizó el procedimiento de la observación al grupo objetivo, con la finalidad de obtener las respuestas cualitativas que sirvan de soporte con los datos cuantitativos presentados. En las diversas indagaciones que se realizaron del sistema eléctrico en los bloques FIIC de la ULVR en el que se pudo detectar la utilización de luminarias convencionales (fluorescentes de vapor de mercurio) lo cual es contaminante para el medio ambiente. Otra falencia encontrada es el sistema deficiente de encendido y apagado de luces, en algunas ocasiones dejan las luminarias encendidas al término de cada periodo de clases y esto se convierte en el consumo innecesario de energía eléctrica. Esta técnica permitió identificar y calcular la cantidad de estudiantes que transitan por esta zona en los horarios diurnos y nocturnos además de aquellas personas que caminan por los exteriores de los edificios FIIC y conocer el consumo eléctrico aproximado en estos horarios al momento de utilizar las áreas de los edificios. Se puede mencionar que es necesario un nuevo estudio de luminotecnía para poder diseñar un sistema acorde a las necesidades de cada ambiente

---

### **Comentario:**

Con la información obtenida en este estudio se podrán tomar las medidas respectivas para solucionar las falencias.

## **CAPITULO IV**

### **INFORME FINAL O PROPUESTA**

**TEMA:** “DISEÑO SOSTENIBLE PARA LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE ILUMINACIÓN UTILIZANDO EFECTO PIEZOELÉCTRICO EN LOS BLOQUES FIIC DE LA ULVR”

#### **4.1. Propuesta y validación**

Se implementará el diseño de acuerdo a las características del área y los materiales a usar serán adaptables acorde a las posibilidades. La justificación de este proyecto se basa en todas las teorías vistas en capítulos anteriores que sirven como herramientas constructivas que tienen relación con la aplicación y diseño arquitectónico que se relacionan con el tema escogido para reducir los costos energéticos y proteger el medio ambiente.

El objetivo de esta investigación radica en la creación de nuevas alternativas eléctricas sustentables como la energía piezoeléctrica, que es conocido como un sistema altamente eficaz amigable, que genera energía alternativa y sustentable, con variadas opciones para su colocación, este nuevo sistema no provoca daños ni afecta el lugar donde serán colocadas las baldosas, permitirá que la zona genere un alumbrado natural garantizando un mejor servicio para la comunidad educativa como para la institución que se logran mediante los puntos mencionados a continuación:

- Atracción de energía mecánica por medio de pisadas
- Tensión que provoca voltaje debido al efecto piezoeléctrico
- Acumulación que da acceso a la energía eléctrica

#### **4.2. Esquema funcional de la propuesta**

El diseño de implementación de las baldosas piezoeléctricas se fundamenta en las necesidades de la Universidad, del mismo modo la propuesta cumple con los lineamientos que exigen las normativas INEN, en el ámbito de accesibilidad para todos, debido a que el aumento de consumo energético en el país ha tenido un incremento notable en los últimos tiempos, lo que impulsó a buscar otras alternativas que aporten a la creación energética libre de contaminación.

### **4.3. Criterios del proyecto.**

Para la presente propuesta arquitectónica es importante cumplir con parámetros de sustentabilidad, aplicando técnicas innovadoras de diseño, se establecieron los siguientes criterios:

- Implementación de baldosas piezoeléctricas.
- Obtención de energía de forma natural y proteger el medio ambiente

Causa: el consumo eléctrico excesivo por parte de la institución se debe a que las luces de los pasillos se encuentran encendidas permanentemente a pesar que solo sean usadas en la jornada vespertina y nocturna, su consumo genera altos niveles de contaminación y costos monetarios elevados ya que la electricidad provoca el efecto invernadero entre otros contaminantes que afectan a la salud de las personas y al medio ambiente.

Efecto: Tener energía sustentable que pueda mediante el ahorro energético, evitar la contaminación y reducir costos de tal manera que ese capital pueda ser invertido en mejorar la estructura de la universidad u otras actividades para beneficio de la institución, ya que este nuevo sistema no requiere de energía convencional, debido a que las baldosas piezoeléctricas mediante pisadas generan energía suficiente para reemplazarla.

Propuesta: El objetivo de este proyecto consiste en la colocación de baldosas piezoeléctricas para obtener la mayor cantidad de energía para lograr la viabilidad del mismo, serán colocadas donde circulan la mayor cantidad de personas en los edificios FIIC con la finalidad de obtener la mayor cantidad de energía posible y de esta manera aprovechar las fuentes poco convencionales, que buscan mejorar la economía por medio de la producción energética libre de contaminantes y que rinda frente a la demanda.

### **4.4. Diseño actual**

Mediante la observación realizada por los investigadores en los edificios FIIC en salones, pasillos, en los ingresos y las encuestas realizadas al personal encargado se determinó la cantidad de luminarias, tubos fluorescentes de vapor de mercurio y focos ahorradores que existen en los bloques de Ingeniería Civil y Arquitectura dando un total de 326 luminarias que se dividen de la siguiente manera:

**Tabla 15*****Bloque Civil***

<b>BLOQUE CIVIL</b>						
<b>Descripción</b>	<b>Luminarias fluorescentes 40w</b>			<b>TOTAL</b>	<b>Focos 20w</b>	
No. Luminarias	20	11	4	123	158	
Cant. De tubos	1	2	3	4		
<b>Total Tubos</b>	<b>20</b>	<b>22</b>	<b>12</b>	<b>492</b>	<b>546</b>	<b>11</b>

**Elaborado por:** Chila Pacheco, E. & Chong Proaño, M. (2019)

Con un total de 169 luminarias en el bloque de Ingeniería Civil;

- 158 luminarias que contienen 546 tubos fluorescentes
- 11 focos ahorradores

Se establece que la potencia instalada de estas luminarias es de 22,024 vatios/hora y su demanda eléctrica varía de acuerdo a su tiempo de uso, que es aproximadamente de 10 horas diarias donde permanecen encendidas. Esto da como resultado una potencia consumida de 209,680 vatios/día y 4,194 Kilovatios al mes.

**Tabla 16*****Bloque de Arquitectura***

<b>BLOQUE ARQUITECTURA</b>						
<b>Descripción</b>	<b>Luminarias fluorescentes 40w</b>			<b>TOTAL</b>	<b>Focos 20w</b>	<b>Led 15w</b>
No. Luminarias	16	3	119	138		
Cant. De tubos	1	3	4			
<b>Total Tubos</b>	<b>16</b>	<b>9</b>	<b>476</b>	<b>501</b>	<b>15</b>	<b>4</b>

**Elaborado por:** Chila Pacheco, E. & Chong Proaño, M. (2019)

Son 157 luminarias en el Bloque de Arquitectura;

- 138 luminarias que contienen 501 tubos fluorescentes
- 15 focos ahorradores
- 4 paneles led

La potencia instalada de estas luminarias es de 20,373 vatios/hora y su demanda eléctrica varía de acuerdo a su tiempo de uso, esto corresponde según a los días de clases de los estudiantes. Con un estimado de 14 horas que se encuentran encendidas las luminarias diariamente en donde se percibe una potencia consumida de 272,495 vatios/día y 5,450 Kilovatios al mes en el bloque de arquitectura.

#### 4.5. Costo total actual de consumo de los edificios FIIC

En los dos Bloques en la actualidad hay un total de: potencia instalada 42,397 vatios/hora, una potencia consumida de 482,175 vatios/día y 9,644 Kilovatios al mes.

**Tabla 17**

##### *Costos de consumo actual de los edificios FIIC*

AMBIENTE	Pot. Instalada	Horas de uso x día	POTENCIA CONSUMIDA POR HORARIOS			Potencia Consumida diaria (vatios)
			8:00-16:00	16:00-22:00	22:00-8:00	
Civil	22,024	9.34	64,812	87,144	57,724	209,680
Arquitectura	20,373	13.48	99,904	114,118	58,473	272,495
<b>TOTAL</b>	<b>42,397</b>		<b>164,716</b>	<b>201,262</b>	<b>116,197</b>	<b>482,175</b>

CONSUMO KILOVATIOS MENSUAL	Total por área
Civil	4,194
Arquitectura	5,450
<b>TOTAL</b>	<b>9,644</b>

**Elaborado por:** Chila Pacheco, E. & Chong Proaño, M. (2019)

El costo por kWh establecido por la Agencia de Regulación y control de electricidad es de \$ 0.09 ya que es una institución privada comercial con un nivel de tensión media, el costo mensual de servicio eléctrico para iluminación es de \$ 867.92

Un rubro importante a considerar son los costos por la demanda energética horaria, considerando que la demanda entre las dos Bloques es de 41.7 kW al costo de \$ 4.003, en un mes son \$ 164.79

Además, el costo de cada tubo fluorescente de 32 - 40 w ondea entre los \$ 1.20 y \$ 1.50, y tenemos que en promedio se cambian 120 tubos por quincena, lo que representa un estimado de \$ 360.00 mensuales por reposición de tubos quemados. Y de forma complementaria se considerará el valor del personal de mantenimiento en un 50% dentro del costo, lo que acorde a los salarios mínimos sectoriales establecidos para el 2018 por el Ministerio de trabajo, resultaría en un valor de \$ 200.60 mensual.

#### 4.6. Resultado del consumo eléctrico

En la siguiente tabla se explica el valor por la planilla eléctrica, por demanda horaria, por reposición de tubos y un valor estimado del personal técnico encargado, que da como total un costo mensual de \$1,593.31. Por lo que, en efecto, el costo anual de la iluminación actual es de aproximadamente \$19,119.72.

**Tabla 18**

*Consumo eléctrico actual*

<b>SISTEMA TRADICIONAL</b>	<b>CANT</b>	<b>P UNIT</b>	<b>TOTAL</b>
PLANILLA ELECTRICA	9,643.50	\$ 0.090 \$	867.92
DEMANDA HORARIA	41.17	\$ 4.003 \$	164.79
REPOSICION DE TUBOS	240.00	\$ 1.50 \$	360.00
PERSONAL MANTENIMIENTO	0.50	\$ 401.20 \$	200.60
<b>COSTO MENSUAL</b>		<b>\$</b>	<b>1,593.31</b>

**Elaborado por:** Chila Pacheco, E. & Chong Proaño, M. (2019)

#### 4.7. Análisis costo beneficio

La inversión en la implementación de las baldosas será recompensada dentro de cierto periodo, en el que se explicará la rentabilidad de la colocación de las baldosas piezoeléctricas como sistema de iluminación permanente, para esto también será necesario realizar un análisis que determine el costo de importación, de donde proviene el producto, la colocación de las baldosas para el funcionamiento de este sistema energético.

#### 4.8. Nuevo diseño

El nuevo diseño de iluminación fue realizado con el método de los lúmenes que consiste en una ecuación para conocer el flujo luminoso necesario que necesita cada ambiente y a su vez, el número de luminarias que deben instalarse.

#### Cálculo de flujo luminoso

- Luminancia media mantenida
- Superficie
- Coeficientes de utilización (índice del local y coeficiente de reflexión) y,
- Coeficientes de mantenimiento

### 4.8.1. Propuesta de luminarias

#### Potencia instalada y consumo eléctrico

Primero se debe conocer las dimensiones del área a iluminar considerando la altura del plano de trabajo, esto es, la altura desde el suelo hasta la superficie del escritorio o pupitre, normalmente es de 85 centímetros. En pasillos o halls, la altura del plano del trabajo es de 0.

La fórmula para el cálculo es:

$$\Phi_T = \frac{E_m * S}{C_u * C_m}$$

Dónde:

$\Phi_T$  = Es el total de flujo luminoso

$E_m$  = Luminancia media mantenida

S= Superficie a iluminar

$C_u$  = Coeficiente de utilización

$C_m$  = Coeficiente de mantenimiento

### 4.8.2. Iluminancia horizontal media mantenida

La iluminancia media mantenida es la cantidad de luxes mínimos destinados para un ambiente según su tipo de interior o actividad por ejemplo en edificios educativos, las aulas no deben tener menos de 500 luxes por m<sup>2</sup> de superficie y en zonas administrativas 300 luxes por m<sup>2</sup>. Esta aplicación se realiza para evaluar las dificultades provocadas por la iluminación inapropiada.

### 4.8.3. Coeficiente de utilización

El coeficiente de utilización consiste en el aprovechamiento de la potencia luminosa de una luminaria, es la relación entre la salida de luz que emite la luminaria y las que llegan al plano de trabajo. Se lo calcula por medio de una tabla de correlación donde el **índice del local** y el **coeficiente de reflexión de superficies** son los determinantes.

#### Índice del local (K)

Sabiendo la geometría del ambiente tenemos la siguiente fórmula:

$$k = \frac{a * b}{h * (a + b)}$$

Dónde:

k = Es el índice a calcular

a y b= Ancho y largo de superficie

h = Altura final, es decir, altura del ambiente restada la altura del plano de trabajo H-h'

$$k = \frac{11.98 * 4.74}{1.75 * (11.98 + 4.74)} = 1.90$$

Se tomó como ejemplo el aula 18 ubicado en la planta baja del bloque de civil

### **Coefficiente de reflexión**

El coeficiente depende del tipo de material o superficie en el que incide la luz. Por lo regular se encuentran tabulados por los diferentes tipos de materiales, superficies y acabados.

**Tabla 19**

#### *Coefficiente de reflexión aproximados*

<b>Coefficiente de reflexión</b>			
<b>Pintura/color</b>	<b>Coefficiente reflexión</b>	<b>Pintura/color</b>	<b>Coefficiente reflexión</b>
BLANCO	0.70-0.85	MORTERO CLARO	0.35-0.55
TECHO ACUSTICO BLANCO	0.50-0.65	MORTERO OSCURO	0.20-0.30
GRIS CLARO	0.40-0.50	HORMIGON CLARO	0.30-0.50
GRIS OSCURO	0.10-0.20	HORMIGON OSCURO	0.15-0.25
NEGRO	0.03-0.07	ARENISCA CLARA	0.30-0.40
CREMA, AMARILLO CLARO	0.50-0.75	ARENISCA OSCURA	0.15-0.25
MARRON CLARO	0.30-0.40	LADRILLO CLARO	0.30-0.40
MARRON OSCURO	0.10-0.20	LADRILLO OSCURO	0.15-0.25
ROSA	0.45-0.55	MARMOL BLANCO	0.60-0.70
ROJO CLARO	0.30-0.50	GRANITO	0.15-0.25
ROJO OSCURO	0.10-0.20	MADERA CLARA	0.30-0.50
VERDE CLARO	0.45-0.65	MADERA OSCURA	0.10-0.25
VERDE OSCURO	0.10-0.20	ESPEJO DE VIDRIO PLATEADO	0.80-0.90
AZUL CLARO	0.40-0.55	ALUMINIO MATE	0.55-0.60
AZUL OSCURO	0.05-0.15	ALUMINIO ANODIZADO	0.80-0.85
		ACERO PULIDO	0.55-0.65

**Fuente:** Cálculo de coeficiente de reflexión (2014)

**Elaborado por:** Chila Pacheco, E. & Chong Proaño, M. (2019)

En el caso de la FIIC se escogieron los siguientes coeficientes de reflexión:

$$\text{Techo (blanco)} = 0.70 - 0.85$$

$$\text{Paredes (crema, amarillo caro)} = 0.50 - 0.75$$

$$\text{Suelo (marrón claro)} = 0.30 - 0.40$$

Con el coeficiente de reflexión de las superficies del aula y el índice del local ( $k = 1.90$ ), ya se puede calcular el coeficiente de utilización que será utilizado en la fórmula para buscar el flujo luminoso.

**Tabla 20**  
**Correlación**

Coeficiente de utilización					
Tabla de correlación					
TECHO	0.70	0.70	0.70	0.50	0.00
PARED	0.70	0.50	0.20	0.20	0.00
SUELO	0.50	0.20	0.20	0.10	0.00
K	0.6	77	58	49	45
K	1.0	100	77	69	63
K	1.5	116	91	84	77
K	2.5	129	100	95	86
K	3.0	133	103	99	89

**Fuente:** Cálculo de coeficiente de reflexión (2014)

**Elaborado por:** Chila Pacheco, E. & Chong Proaño, M. (2019)

Se suman las intersecciones y se saca el promedio. Teniendo:  $116+129+91+100= 436/4 = 109$ . El resultado es un porcentaje, quiere decir que el coeficiente de utilización para ese ambiente es de 1.09

#### 4.8.4. Coeficiente de mantenimiento

Este coeficiente es referente al grado de limpieza de la luminaria en consideración al grado de suciedad ambiental, la frecuencia de la limpieza del local.

**Tabla 21**  
**Coeficiente de mantenimiento**

Coeficiente de mantenimiento	
LIMPIO	0.8
SUCIO	0.6

**Fuente:** Coeficiente de mantenimiento (2014)

**Elaborado por:** Chila Pacheco, E. & Chong Proaño, M. (2019)

#### 4.8.5. Resultado distribución lumínica

1. Con toda la información anterior se calcula el flujo luminoso total necesario para ese ambiente (Aula 18)

$$\Phi_T = \frac{500 * 56.79}{1.09 * 0.80} = 32,560.32 \text{ luxes}$$

2. Posteriormente se busca la luminaria idónea para ese ambiente considerando los lúmenes de aportación, ángulo de apertura, temperatura de color y sobre todo la eficiencia energética.

#### 4.8.6. Materiales

En este proyecto se utilizará la tecnología LED. En el caso puntal del ambiente que se tomó para ejemplo, se utilizará un panel LEDs de 60x60 cm, que tiene un ángulo de apertura de 120 grados, es decir, se colocarán a una distancia no mayor de 2.50 m entre sí, con una temperatura de color de 4000k lo que sería una luz neutra, recomendada para aulas educativas, una aportación de 4000 lúmenes y su consumo es de 40 vatios. Ejemplo:  $32,560.32 \text{ luxes} / 4000 = 8$  luminarias

Luego se calculará la potencia instalada y su valor de eficiencia energética que debe ser mayor a 60%:

$$\text{Potencia instalada} = 8 * 40 = 320 \text{ vatios por hora}$$

$$\text{VEEI} = 32,560.32 / 320 = 101.75 \% \text{ EFICIENTE}$$

Con el cálculo de la potencia consumida se determina que ese ambiente permanecerá encendido alrededor de 9 horas lo que significa una potencia consumida diaria de 2,880 vatios. Un 79.55% menos que el sistema actual (14,080 vatios).

Con el análisis realizado por medio de las fórmulas planteadas se establece la cantidad de material que requieren los diferentes Bloques ubicados en los edificios FIIC para la implementación de este proyecto con luminarias empotrables led, luminarias sobrepuestas y paneles led.

**Tabla 22**

#### *Propuesta de luminarias en los bloques*

BLOQUES	Empotrables LED 18x18	Sobrepuesta LED 20x20	Panel LED 60x60	TOTAL
Civil	31	83	165	279
Arquitectura	29	57	178	264
<b>TOTAL</b>	<b>60</b>	<b>140</b>	<b>343</b>	<b>543</b>

**Elaborado por:** Chila Pacheco, E. & Chong Proaño, M. (2019)

La propuesta tiene las siguientes características:

En el Bloque de civil se propone:

- 31 luminarias empotrables led de 18x18 cm
- 83 luminarias sobrepuestas led de 20x20 cm
- 165 paneles led 60x60 cm

Con un total de 279 luminarias de las cuales:

La potencia instalada sería de 8,217 vatios/hora y su demanda eléctrica variaría de acuerdo a su tiempo de uso, aproximadamente 9 horas, esto representaría una potencia consumida de 69,141 vatios/día y 2,100 Kilovatios al mes.

En el Bloque de Arquitectura se propone:

- 29 luminarias empotrables led de 18x18 cm
- 57 luminarias sobrepuestas led de 20x20 cm
- 178 paneles led 60x60 cm

Con un total de 264 luminarias de las cuales:

La potencia instalada sería de 8,323 vatios/hora y su demanda eléctrica variaría de acuerdo a su tiempo de uso, aproximadamente 14 horas, esto representaría una potencia consumida de 104,980 vatios/día y 3,482 Kilovatios al mes.

En total entre los dos Bloques se propone una potencia instalada de 16,540 vatios/hora, una potencia consumida de 174,121 vatios/día y 3,482 Kilovatios al mes.

**Tabla 23**

***Potencia instalada***

AMBIENTE	Pot. Instala da	Horas de uso x día	POTENCIA CONSUMIDA POR HORARIOS			Potencia Consumida diaria (vatios)
			8:00-16:00	16:00-22:00	22:00-8:00	
Civil	8,217	8.48	24,261	29,553	15,327	69,141
Arquitectura	8,323	12.30	40,341	48,022	16,617	104,980
<b>TOTAL</b>	<b>16,540</b>		<b>64,602</b>	<b>77,575</b>	<b>31,944</b>	<b>174,121</b>
<b>CONSUMO KILOVATIOS MENSUAL</b>					<b>Total por área</b>	
Civil					1,383	
Arquitectura					2,100	
<b>TOTAL</b>					<b>3,482</b>	

**Elaborado por:** Chila Pacheco, E. & Chong Proaño, M. (2019)

Considerando que el costo por kWh establecido por la Agencia de Regulación y control de electricidad sea de \$ 0.09 ya que es una institución privada comercial y siendo el nivel de tensión de media, el costo mensual de servicio eléctrico para iluminación sería de \$ 313.42, un 64% menos (\$ 554.50) que el costo mensual actual (\$ 867.92). Así también, la demanda eléctrica horaria tiende a disminuir por el uso de luminarias más eficientes, esta sería de 14.07 kW, 66% menos que la actual, al costo de \$ 4.003, en un mes resultaría \$ 56.32

**Tabla 24**

***Control eléctrico***

Descripción	Kv/Mes		Costo	Valor		Var.
	Actual	Prop. 1		Actual	Prop. 1	
Planilla Eléctrica	9,644	3,482	\$ 0.090	\$ 867.92	\$ 313.42	-64%
Demanda Horaria	41.17	14.07	\$ 4.003	\$ 164.79	\$ 56.32	-66%
<b>Totales Mensuales</b>	<b>9,685</b>	<b>3,496</b>		<b>\$ 1,032.71</b>	<b>\$ 369.74</b>	

**Elaborado por:** Chila Pacheco, E. & Chong Proaño, M. (2019)

Además, el costo por el cambio de todas las luminarias actuales a Leds representaría un estimado de \$ 15,604.96, hay que considerar que la vida útil de las mismas va desde 15,000 hasta 30,000 horas, lo que significa que no tendrán que ser mantenidas o reemplazadas durante aproximadamente diez años, de tal manera que la inversión del material y colocación del mismo no tendrá costos extras.

**Tabla 25**

***Costo luminarias Leds***

SISTEMA LED	Cant.	P.Unit	Total
Panel LED Empotrable 60x60	343	\$ 29.12	\$ 9,988.16
Luminaria LED Empotrable 18x18	60	\$ 8.96	\$ 537.60
Luminaria LED Sobrepuesta 20x20	140	\$ 14.56	\$ 2,038.40
Instalación	543	\$ 5.60	\$ 3,040.80
<b>Total Inversión</b>			<b>\$ 15,604.96</b>

**Elaborado por:** Chila Pacheco, E. & Chong Proaño, M. (2019)

#### 4.9. Resultado del cambio de luminarias

En total de gastos se tiene: \$ 313.42 mensuales por planilla eléctrica, \$ 56.32 mensuales por planilla demanda horaria y \$ 15,604.96 de costo inversión por el cambio a nuevas luminarias. Por lo que, en efecto, el costo económico en el primer año por cambio del sistema de iluminación tradicional al sistema de iluminación LED sería de aproximadamente \$ 20,041.84, mientras que en el segundo y tercer año solo aumentaría el costo por planillas eléctricas que serían de \$ 4,436.88 cada uno.

En tres años este nuevo sistema costaría alrededor de \$ 28,915.60, lo que seguiría siendo inferior 50% de lo que se gasta actualmente en el sistema de iluminación de los bloques FIIC de la ULVR (\$ 57,359.16)

**Tabla 26**

#### *Comparativo del sistema tradicional y el sistema LED*

SISTEMA TRADICIONAL	TOTAL	COSTO A CORTO, MEDIANO Y LARGO PLAZO				
		1	2	3	4	5
Planilla Eléctrica	\$867.92	\$10,415.04	\$10,415.04	\$10,415.04	\$10,415.04	\$10,415.04
Demanda Horaria	\$164.79	\$1,977.48	\$1,977.48	\$1,977.48	\$1,977.48	\$1,977.48
Reposición Tubos	\$360.00	\$4,320.00	\$4,320.00	\$4,320.00	\$4,320.00	\$4,320.00
Personal de Mant.	\$200.60	\$2,407.20	\$2,407.20	\$2,407.20	\$2,407.20	\$2,407.20
<b>Costo Mensual/Anual</b>	<b>1,593.31</b>	<b>\$19,119.72</b>	<b>\$19,119.72</b>	<b>\$19,119.72</b>	<b>\$19,119.72</b>	<b>\$19,119.72</b>
<b>Acumulados</b>		<b>\$19,119.72</b>	<b>\$38,239.44</b>	<b>\$57,359.16</b>	<b>\$76,478.88</b>	<b>\$95,598.60</b>
SISTEMA LED	TOTAL	1	2	3	4	5
Panel Led Empotrable 60x60	\$9,988.16	\$9,988.16	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
Luminaria Led Empotrable 18x18	\$537.60	\$537.60	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
Luminaria Led Sobrepuesta 20x20	\$2,038.40	\$2,038.40	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
Instalación	\$3,040.80	\$3,040.80	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
<b>Inversión Luminarias</b>	<b>\$15,604.96</b>	<b>\$15,604.96</b>	<b>\$0.00</b>	<b>\$0.00</b>	<b>\$0.00</b>	<b>\$0.00</b>
COSTO ENERGÍA	TOTAL	1	2	3	4	5
Planilla Eléctrica	\$313.42	\$3,761.04	\$3,761.04	\$3,761.04	\$3,761.04	\$3,761.04
Demanda Horaria	\$56.32	\$675.84	\$675.84	\$675.84	\$675.84	\$675.84
<b>Costo Mensual/Anual</b>	<b>\$369.74</b>	<b>\$4,436.84</b>	<b>\$4,436.84</b>	<b>\$4,436.84</b>	<b>\$4,436.84</b>	<b>\$4,436.84</b>
<b>Costo Total Anual</b>		<b>\$20,041.84</b>	<b>\$4,436.84</b>	<b>\$4,436.84</b>	<b>\$4,436.84</b>	<b>\$4,436.84</b>
<b>Acumulados</b>		<b>\$20,041.84</b>	<b>\$24,478.72</b>	<b>\$28,915.60</b>	<b>\$33,352.48</b>	<b>\$37,789.36</b>
Variación (+/-) Propuesta 1		\$922,12	\$-14,682,84	\$-14,682,84	\$-14,682,84	\$-14,682,84
Variación Acum.		\$922,12	\$-13,760,72	\$-28,443,56	\$-43,126,40	\$-57,809,24
Variación %		<b>5%</b>	<b>-36%</b>	<b>-50%</b>	<b>-56%</b>	<b>-60%</b>

Elaborado por: Chila Pacheco, E. & Chong Proaño, M. (2019)

#### **4.10. Resultado del ahorro producido**

El ahorro producido por la sustitución del sistema actual a uno con implementación de luminarias Led en un tiempo aproximado de tres años es de 50%, ósea, \$ 28,443.56 que pueden ser utilizados para mejoras de los Bloques, esto puede ser, en un sistema de generación de energía sustentable, que son las baldosas piezoeléctricas. Según los antecedentes previamente presentados en el marco teórico establece que una baldosa piezoeléctrica esta alrededor de \$ 3,850 más su costo por la instalación \$ 1,000. Cada baldosa puede generar 6W de potencia por pisada. Se plantea la siguiente información:

En los bloques de civil y arquitectura periodo 2018A se matricularon 887 y 649 con un total de 1,536 estudiantes matriculados en estas carreras. Según la contabilidad de pisadas realizada por los investigadores en los distintos horarios se registraron:

- Bloque de Civil ingreso: 3,053 personas
- Bloque de Arquitectura ingreso: 2,169 personas
- Pasillo exterior del bloque de arquitectura que es a la vez camino de acceso a los demás bloques de la universidad: 4,295 personas

#### **4.11. Ubicación de las baldosas piezoeléctricas**

Los investigadores establecieron que las baldosas serían colocadas en la entrada del bloque de civil y en el pasillo exterior del bloque de arquitectura para poder captar la mayor cantidad de pisadas, con un promedio de 3,053 y 4,295 pisadas respectivamente, lo que en generación energética resultaría de 44,088 Vatios en un día solo con una baldosa. Hay que considerar que el consumo entre los dos bloques es de 174,121 vatios/día.

Se necesitaría al menos de 5 baldosas en cada bloque para poder cubrir esa demanda de generación. Serían 220,440 vatios/día la generación diaria de forma sustentable con 10 baldosas piezoeléctricas que abastecerán los dos bloques. Económicamente esto resulta como costo de inversión \$ 38,500.00 e instalación \$ 10,000.00, no tendría ningún costo adicional en los siguientes 5 años, ya que aproximadamente ese es el tiempo de aguante de las baldosas sin ningún tipo de mantenimiento.

Estas baldosas serán importadas desde el Reino Unido. Para el cálculo de todos los valores de importación será necesario calcular el costo del Flete y del seguro y agregarlos al valor total del producto (\$ 38,500.00) para obtener la base imponible. Luego de ello, se procederá al cálculo de los impuestos requeridos, que para el caso corresponden al arancel (Ad Valorem) del 20%; el pago del FODINFA (Fondo de Desarrollo de la Infancia); el pago del ICE, (en caso de que correspondiera) y el valor del IVA 12%. Con el cálculo de todos estos valores, el total de dinero necesario para la importación ascenderá a los \$57,155.56.

**Tabla 27**

***Cálculo de importación***

<b>DETALLE</b>	<b>VALOR</b>
Valor Producto (10 Unid. X \$3,850.00)	\$38,500.00
Costo Flete	\$ 3,388.00
Costo Seguro	\$ 462.00
<b>Base Imponible</b>	<b>\$42,350.00</b>

<b>IMPUESTO</b>	<b>%</b>	<b>VALOR</b>
Ad Valorem	20%	\$ 8,470.00
FODINFA	0.50%	\$ 211.75
ICE	0%	\$ -
IVA (BI + ADV+FODINF+ICE)*%	12%	\$ 6,123.81

<b>TOTAL IMPORTACIÓN</b>	<b>\$57,155.56</b>
--------------------------	--------------------

**Elaborado por:** Chila Pacheco, E. & Chong Proaño, M. (2019)

**4.12. Análisis costo beneficio**

Los costos de inversión serían de \$ 67,155.56 por las baldosas, adicionalmente \$ 15,604.96 por el cambio de las luminarias, lo que sumaría en total \$82,760.52 al primer año; esto representaría un incremento del 333% en comparación al sistema actual tradicional. En un periodo de cinco años se propone que la ULVR tendrá un ahorro de aproximadamente \$ 12,838.08 (en proporción un 13% menos) que serán apreciados al término del quinto año.

**Tabla 28**

**Costo de inversión de baldosas.**

SISTEMA TRADICIONAL	TOTAL	COSTO A CORTO, MEDIANO Y LARGO PLAZO				
		1	2	3	4	5
Planilla Eléctrica	\$867.92	\$10,415.04	\$10,415.04	\$10,415.04	\$10,415.04	\$10,415.04
Demanda Horaria	\$164.79	\$1,977.48	\$1,977.48	\$1,977.48	\$1,977.48	\$1,977.48
Reposición Tubos	\$360.00	\$4,320.00	\$4,320.00	\$4,320.00	\$4,320.00	\$4,320.00
Personal de Mant.	\$200.60	\$2,407.20	\$2,407.20	\$2,407.20	\$2,407.20	\$2,407.20
<b>Costo Mensual/Anual</b>	<b>1,593.31</b>	<b>\$19,119.72</b>	<b>\$19,119.72</b>	<b>\$19,119.72</b>	<b>\$19,119.72</b>	<b>\$19,119.72</b>
<b>Acumulados</b>		<b>\$19,119.72</b>	<b>\$38,239.44</b>	<b>\$57,359.16</b>	<b>\$76,478.88</b>	<b>\$95,598.60</b>
<b>SISTEMA LED</b>	<b>TOTAL</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>Cambio Luminarias</b>	<b>\$15,604.96</b>	<b>\$15,604.96</b>	<b>\$0.00</b>	<b>\$0.00</b>	<b>\$0.00</b>	<b>\$0.00</b>
<b>BALDOSAS</b>	<b>TOTAL</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Compra De Baldosas	\$38,500.00	\$38,500.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
Costo Flete	\$3,388.00	\$3,388.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
Costo Seguro	\$462.00	\$462.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
<b>Base Imponible</b>	<b>\$42,350.00</b>	<b>\$42,350.00</b>	<b>\$0.00</b>	<b>\$0.00</b>	<b>\$0.00</b>	<b>\$0.00</b>
<b>IMPUESTOS</b>	<b>TOTAL</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Ad Valorem	\$8,470.00	\$8,470.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
FODINFA	\$211.75	\$211.75	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
ICE	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
IVA (BI+ADV+ FODINFA+ICE)*%	\$6,123.81	\$6,123.81	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
<b>Impuestos</b>	<b>\$14,805.56</b>	<b>\$14,805.56</b>	<b>\$0.00</b>	<b>\$0.00</b>	<b>\$0.00</b>	<b>\$0.00</b>
<b>INSTALACIÓN</b>	<b>TOTAL</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>Instalación Baldosas</b>	<b>\$10,000.00</b>	<b>\$10,000.00</b>	<b>\$0.00</b>	<b>\$0.00</b>	<b>\$0.00</b>	<b>\$0.00</b>
<b>Costo Total Anual</b>	<b>\$82,760.52</b>	<b>\$82,760.52</b>	<b>\$0.00</b>	<b>\$0.00</b>	<b>\$0.00</b>	<b>\$0.00</b>
<b>Acumulados</b>		<b>\$82,760.52</b>	<b>\$82,760.52</b>	<b>\$82,760.52</b>	<b>\$82,760.52</b>	<b>\$82,760.52</b>
Variación (+/-) Propuesta 2		\$63,640.80	\$-19,119.72	\$-19,119.72	\$-19,119.72	\$-19,119.72
Variación Acum.		\$63,640.80	\$44,521.08	\$25,401.36	\$6,281.64	\$-12,838.08
Variación %		<b>333%</b>	<b>116%</b>	<b>44%</b>	<b>8%</b>	<b>-13%</b>

**Elaborado por:** Chila Pacheco, E. & Chong Proaño, M. (2019)

En vista de que el costo de inversión es alto, los beneficios en el mediano plazo no serían tan contundentes y para que dentro de un horizonte de tiempo de cinco años el ahorro pueda ser mayor, se plantea la siguiente propuesta:

**Tabla 29**

**Costo de inversión de baldosas – Opción 2.**

SISTEMA TRADICIONAL	TOTAL	COSTO A CORTO, MEDIANO Y LARGO PLAZO				
		1	2	3	4	5
Planilla Eléctrica	\$867.92	\$10,415.04	\$10,415.04	\$10,415.04	\$10,415.04	\$10,415.04
Demanda Horaria	\$164.79	\$1,977.48	\$1,977.48	\$1,977.48	\$1,977.48	\$1,977.48
Reposición Tubos	\$360.00	\$4,320.00	\$4,320.00	\$4,320.00	\$4,320.00	\$4,320.00
Personal de Mant.	\$200.60	\$2,407.20	\$2,407.20	\$2,407.20	\$2,407.20	\$2,407.20
<b>Costo Mensual/Anual</b>	<b>1,593.31</b>	<b>\$19,119.72</b>	<b>\$19,119.72</b>	<b>\$19,119.72</b>	<b>\$19,119.72</b>	<b>\$19,119.72</b>
<b>Acumulados</b>		<b>\$19,119.72</b>	<b>\$38,239.44</b>	<b>\$57,359.16</b>	<b>\$76,478.88</b>	<b>\$95,598.60</b>
<b>SISTEMA LED</b>	<b>TOTAL</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>Cambio Luminarias</b>	<b>\$15,604.96</b>	<b>\$15,604.96</b>	<b>\$0.00</b>	<b>\$0.00</b>	<b>\$0.00</b>	<b>\$0.00</b>
<b>BALDOSAS</b>	<b>TOTAL</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Compra De Baldosas	\$38,500.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$19,250.00	\$0.00
Costo Flete	\$3,388.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$1,694.00	\$0.00
Costo Seguro	\$462.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$231.00	\$0.00
<b>Base Imponible</b>	<b>\$42,350.00</b>	<b>\$0.00</b>	<b>\$0.00</b>	<b>\$0.00</b>	<b>\$21,175.00</b>	<b>\$0.00</b>
<b>IMPUESTOS</b>	<b>TOTAL</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Ad Valorem	\$8,470.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$4,235.00	\$0.00
FODINFA	\$211.75	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$105.88	\$0.00
ICE	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
IVA (BI+ADV+ FODINFA+ICE)*%	\$6,123.81	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$3,061.91	\$0.00
<b>Impuestos</b>	<b>\$14,805.56</b>	<b>\$0.00</b>	<b>\$0.00</b>	<b>\$0.00</b>	<b>\$7,402.78</b>	<b>\$0.00</b>
<b>INSTALACIÓN</b>	<b>TOTAL</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>Instalación Baldosas</b>	<b>\$10,000.00</b>	<b>\$0.00</b>	<b>\$0.00</b>	<b>\$0.00</b>	<b>\$5,000.00</b>	<b>\$0.00</b>
<b>COSTO ENERGÍA</b>	<b>TOTAL</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Planilla Eléctrica	\$313.42	\$3,761.04	\$3,761.04	\$3,761.04	\$1,880.52	\$1,880.52
Demanda Horaria	\$56.32	\$675.84	\$675.84	\$675.84	\$337.92	\$337.92
<b>Costo Mensual/Anual</b>	<b>\$369.74</b>	<b>\$4,436.88</b>	<b>\$4,436.88</b>	<b>\$4,436.88</b>	<b>\$2,218.44</b>	<b>\$2,218.44</b>
<b>Costo Total Anual</b>	<b>\$83,130.26</b>	<b>\$20,041.84</b>	<b>\$4,436.88</b>	<b>\$4,436.88</b>	<b>\$35,796.22</b>	<b>\$2,218.44</b>
<b>Acumulados</b>		<b>\$20,041.84</b>	<b>\$24,478.72</b>	<b>\$28,915.60</b>	<b>\$64,711.82</b>	<b>\$66,930.26</b>
Variación (+/-) Propuesta 2		\$922.12	\$-14,682.84	\$-14,682.84	\$16,676.50	\$-16,901.28
Variación Acum.		\$922.12	\$-13,760.72	\$-28,443.56	\$-11,767.06	\$-28,668.34
Variación %		<b>5%</b>	<b>-36%</b>	<b>-50%</b>	<b>-15%</b>	<b>-30%</b>

**Elaborado por:** Chila Pacheco, E. & Chong Proaño, M. (2019)

Dónde el costo de inversión en el primer año contemplaría solo el cambio de luminarias del bloque y la generación de energía sería la misma que provee la empresa eléctrica local. Posteriormente, al tercer año con el ahorro producido, aproximadamente de \$ 28,443.56, se implementaría la mitad del sistema de baldosas en un bloque, con un costo de inversión de \$ 33,577.78. Adicional a esto, la mitad del consumo eléctrico costaría un aproximado de \$ 2,218.44 anuales. Esta propuesta sigue significando un ahorro para la universidad del 30% (\$ 28,668.34) que serán apreciados al término de quinto año, este ahorro puede ser utilizado para instalar la mitad restante del sistema de baldosas en el otro bloque u otras mejoras.

## CONCLUSIONES

El sistema de electricidad de la universidad, dentro de los parámetros actuales, requiere de los equipos necesarios que aseguren su funcionamiento y verifiquen la conexión de los mismos, los que generan costos muy elevados por concepto de mantenimiento, reparación y reposición, además, que su consumo afecta de forma directa al medio ambiente y en algunas ocasiones no es eficiente. Por otro lado, desde la perspectiva de los estudiantes la iluminación actual presenta algo de molestia, por el esfuerzo para ver y realizar actividades con luces que producen altas reflectancias o brillos, sombras o la propia falta de luz.

La implementación del nuevo sistema eléctrico se basó en un criterio de eficiencia, para lo cual se debe dar el cambio de luminarias con diseños arquitectónicos que den un mayor aprovechamiento de las fuentes de luz natural y que emplee de forma criteriosa los avances tecnológicos existentes, dentro de una visión de energía auto sustentable en el tiempo. Este tipo de acciones tendría una incidencia considerable en el impacto ambiental de las instalaciones sobre el entorno y medio ambiente, reduciría de forma directa los costos por concepto de servicios básicos, reposición y mantenimiento, y mejoraría el nivel de conciencia general que se debe tener sobre el cuidado del medio ambiente a través de alternativas y prácticas, eficaces y sostenibles.

El sistema de generación de energía con baldosas piezoeléctricas incluyendo luminarias led, representaría una inversión inicial considerable debido a los costos elevados del material y los gastos de importación relacionados, lo que a simple vista en el mediano plazo no representaría mayores ventajas en el comparativo de solo realizar el cambio a luminarias led. Sin embargo, a largo plazo esta acción generará beneficios considerables en el aspecto económico para las áreas afectadas, puesto que reducirá de forma notable los gastos, por la generación sostenible de energía. La factibilidad y proyección positiva del recurso en función de las ventajas generadas motiva el interés de llevar e implementar este sistema a otros sectores dentro de la Universidad Laica Vicente Rocafuerte, con lo cual se creará un mayor impacto, tanto para la institución, como para la comunidad educativa.

La propuesta y el estudio realizado en ella, demuestra la viabilidad y pertinencia de la misma, ya que los resultados obtenidos demuestran la eficiencia energética, que se traduce también al ahorro económico y la disminución del impacto ambiental. La inversión que se realiza tiene una perspectiva razonable y se caracteriza por ser autosustentable, ya que no dependerá de ninguna forma del sistema interconectado nacional de energía del país, sino que proporcionará de forma independiente y sustentable su propia energía para garantizar el funcionamiento de las luminarias de las áreas afectadas. Esto permitirá que no existan apagones en las áreas en donde se implemente la propuesta, puesto que siempre habrá la energía necesaria para satisfacer los requerimientos de funcionamiento; y que, con el ahorro económico generado, los gastos que antes los bloques derivaban para el pago del consumo eléctrico sean destinados a otras áreas estratégicas que sirvan para brindar un mejor servicio a los estudiantes.

## RECOMENDACIONES

Este tipo de energía estaría disponible por muchas horas al día, dada la dinámica un recurso alternativo a la generación de energía producida, pero para que esta funcione permanente requiere que siempre tenga concurrencia de personas. Se espera se creen alternativas para los periodos de vacaciones y estas no bajen su rendimiento debido a la ausencia de estudiantes.

La rentabilidad de este sistema posee grandes beneficios por eso se debe buscar formas de implementarlo en toda la universidad ya que se establece que el ahorro en costos energéticos será del 50% al costo habitual que serán percibidos en el lapso de 3 años, pero también se debe considerar que se requerirá de energía eléctrica convencional, aunque su consumo será mínimo en comparación a los años anteriores.

Para que la automatización de iluminación sea eficiente es necesario en el futuro colocarlas en áreas cercanas para aumentar la eficiencia lumínica y se recomienda realizar un mantenimiento preventivo a la estructura del pavimento para conservar la integridad de los elementos instalados mediante pequeñas revisiones que determinen el estado de las baldosas cada cierto periodo.

Este sistema solo servirá para iluminar los pasillos y salones del sector FIIC por eso se recomienda seguir usando energía eléctrica convencional ya que es necesaria para los equipos de cómputo, proyectores, se debe destinar energía eléctrica convencional para el uso determinado, ya que el sistema no tendrá la posibilidad de generar tanta energía como para que estos sean incluidos en el funcionamiento piezoeléctrico.

## BIBLIOGRAFÍA

- ISO 50001:2018 . (27 de 09 de 2018). *GESTION DE LA ENERGÍA*. Obtenido de <https://calidadgestion.wordpress.com/tag/implementar-iso-50001/>
- Agatón, F. (21 de 08 de 2014). *ANÁLISIS DE LA FACTIBILIDAD ECONOMICA*. Obtenido de <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/12025/1/articuloV0.0.0.pdf>
- Agaton, F. (15 de 06 de 2015). *ANÁLISIS DE LA FACTIBILIDAD ECONOMICA Y AMBIENTAL DE UTILIZAR BALDOSAS PIEZOELECTRICAS*. Obtenido de <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/12025/1/articuloV0.0.0.pdf>
- Alecoy, T. (2011). *Las culturas exitosas forjan prosperidad económica desde la concepción del individuo*. Santiago de Chile: Tirso José Alecoy.
- Arkiplus. (2017). *Diseño sostenible y arquitectura*. Obtenido de <http://www.arkiplus.com/disenio-sostenible-y-arquitectura>
- Asamblea Nacional. (2010). *COPCI*. Quito: Editora Nacional.
- Asamblea Nacional Constituyente. (2008). *Constitución de la República del Ecuador*. Quito: Editora Nacional.
- ATPC to Brasil. (13 de 04 de 2014). *efecto piezoeléctrico*. . Obtenido de <http://www.atcp.com.br/imagenes/productos/ceramicas/articulos/Documento-3.pdf>
- Barbazán, C., & Sendra, J. (2012). *Apoyo domiciliario y alimentación familiar: El asistente como eje central en la gestión y mantenimiento del hogar del dependiente*. Vigo: Ideaspropias Editorial.
- Barradas, M. (2014). *Seguimiento de Egresados: Una excelente estrategia para garantizar una educación de calidad*. Bloomington: Palibrio.
- Barrazueta, A. (2014). <http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/3027/1/Tesis%20Barrazueta%20Men%20dieta%20Astrid%20Eunice.pdf>. Obtenido de <http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/3027/1/Tesis%20Barrazueta%20Men%20dieta%20Astrid%20Eunice.pdf>
- Barrera, Ó., & Ros, J. (2016). *sistemas electricos y de seguridad y confortabilidad*. Madrid: Paraninfo. Obtenido de [https://books.google.com.ec/books?id=6Xo3DAAAQBAJ&pg=PA245&dq=EFECTO+PIEZOEL%C3%89CTRICO&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjmvZ\\_fhsvcAhVKpFkKHe-YC7EQ6AEILDAB#v=onepage&q=EFECTO%20PIEZOEL%C3%89CTRICO&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=6Xo3DAAAQBAJ&pg=PA245&dq=EFECTO+PIEZOEL%C3%89CTRICO&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjmvZ_fhsvcAhVKpFkKHe-YC7EQ6AEILDAB#v=onepage&q=EFECTO%20PIEZOEL%C3%89CTRICO&f=false)
- Bastos, A. (2010). *Implantación de Productos y servicios*. Madrid: Ideaspropias.
- Bohigues, I. (2014). *Ámbito sociolingüístico*. Madrid: Paraninfo.

- Borunda, R., Cepeda, J., Salas, F., & Medrano, V. (2013). *Desarrollo y Competitividad de los Sectores Económicos en México*. México, D.F.: Centro de Investigaciones Sociales.
- Calaza, P. (2016). *infraestructura verde*. España: Mundi prensa. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=z2noDQAAQBAJ&pg=PA72&dq=Dise%C3%B1o+sostenible+y+arquitectura&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwj9aGqsvAhWhs1kKHTGzCKgQ6AEIPDAE#v=onepage&q=Dise%C3%B1o%20sostenible%20y%20arquitectura&f=false>
- Cameno, C. (24 de 07 de 2014). Obtenido de <http://construible.blogspot.com/2013/01/la-energia-piezoelctrica-aplicada.html>
- Cazaúx, D. (2013). *historia de la divulgacion cinetífica en argentina*. Bueno Aires: teseo.
- Christensen, C. (2014). *Guía del Innovador para crecer: Cómo aplicar la innovación disruptiva*. Madrid: Grupo Planeta Spain.
- Código Órgánico del Ambiente. (12 de 04 de 2017). Obtenido de [http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/CODIGO\\_ORGANICO\\_AMBIENTE.pdf](http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/CODIGO_ORGANICO_AMBIENTE.pdf)
- Congreso Nacional. (2004). *Ley Forestal y de Conservación de Áreas naturales y vida silvestre*. Quito: Editora Nacional.
- Constitución de la República del Ecuador. (11 de 04 de 2015). Obtenido de <http://www.uteq.edu.ec/lotaip/lotaip/pdf/literala2/REGLAMENTOSYLEYESEXTERNAS/CONSTITUCION-DE-LA-REPUBLICA-DEL-ECUADOR.pdf>
- Córdova, I. (2014). *Estudio de la respuesta piezoeléctrica en PVDF*. Obtenido de [https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/17315/PFC\\_Luis\\_Miguel\\_Cordoba\\_Casado.pdf;jsessionid=ED1777AB30915E6BA8A72F138F2CE655?sequence=1](https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/17315/PFC_Luis_Miguel_Cordoba_Casado.pdf;jsessionid=ED1777AB30915E6BA8A72F138F2CE655?sequence=1)
- Córdova, L. (19 de 05 de 2014). *Estudio de la respuesta piezoeléctrica en PVDF*. Obtenido de [https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/17315/PFC\\_Luis\\_Miguel\\_Cordoba\\_Casado.pdf;jsessionid=7BBDAF2AAC24DC95B5BA462EB9A9074C?sequence=1](https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/17315/PFC_Luis_Miguel_Cordoba_Casado.pdf;jsessionid=7BBDAF2AAC24DC95B5BA462EB9A9074C?sequence=1)
- Corona, L., & Abarca, G. (2014). *Sensores y actuadores*. Mexico: Patria. Obtenido de [https://books.google.com.ec/books?id=wMm3BgAAQBAJ&pg=PA7&dq=EFECTO+PIEZOEL%C3%89CTRICO&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjmVZ\\_fhsvAhVKpFkKHe-YC7EQ6AEIMzAC#v=onepage&q=EFECTO%20PIEZOEL%C3%89CTRICO&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=wMm3BgAAQBAJ&pg=PA7&dq=EFECTO+PIEZOEL%C3%89CTRICO&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjmVZ_fhsvAhVKpFkKHe-YC7EQ6AEIMzAC#v=onepage&q=EFECTO%20PIEZOEL%C3%89CTRICO&f=false)
- Corona, L., & Abarca, G. (2014). *Sensores y actuadores*. México D.F: PATRIA S.A. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=wMm3BgAAQBAJ&pg=PA210&dq=Tensi%C3%B3n+el%C3%A9ctrica+por+deformaci%C3%B3n&hl=es&sa=X&ved=0ahU>

KEwjnrqmqcHcAhXskOAKHRmyC4EQ6AEIPzAE#v=onpage&q=Tensi%C3%B3n%20el%C3%A9ctrica%20por%20deformaci%C3%B3n&f=false

Costa, R. (26 de 03 de 2014). *Generar electricidad al andar*. Obtenido de <http://www.ecoavant.com/es/notices/2014/03/generar-electricidad-al-andar-1985.php>

Cruelles, J. (2012). *Productividad e Incentivos: Cómo hacer que los tiempos de fabricación se cumplan*. Barcelona: Marcombo.

Cruz, L., & Cruz, V. (17 de Abril de 2010). *Repositorio Escuela Politécnica Nacional*. Recuperado el 23 de Septiembre de 2015, de Repositorio Escuela Politécnica Nacional:  
<https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0CCEQFjABahUKEwjvwOy4IJPIAhWFF5AKHUAYBFA&url=https://www.ecoavant.com/es/notices/2014/03/generar-electricidad-al-andar-1985.php>

Domínguez, E. (2017). *Sistemas de carga de arranque*. México: Editex. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=i10pDwAAQBAJ&pg=PA31&dq=Electricidad&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiPgpedv83cAhWBrFkKHWjpAJ4Q6AEIJAA#v=onpage&q=Electricidad&f=false>

Dr García, J. (26 de 08 de 2014). Obtenido de <https://www.iluminet.com/patrones-consumo-energetico/>

Ecosectores. (18 de 05 de 2012). *Informacion del mercado ecologico*. Obtenido de <https://www.ecosectores.com/MenuSuperior/DetalleDirectorio/tabid/220/ArticleId/623/Pavegen-un-paso-innovador-en-la-produccion-de-energia-sostenible.aspx>

ecosectores.com. (18 de 05 de 2012). *Informacion del mercado ecologico*. Obtenido de <https://www.ecosectores.com/MenuSuperior/DetalleDirectorio/tabid/220/ArticleId/623/Pavegen-un-paso-innovador-en-la-produccion-de-energia-sostenible.aspx>

El Telégrafo. (26 de Mayo de 2012). \$180 millones venden al año los artesanos de muebles. *El Telégrafo*, pág. 9.

Estirado, L. (09 de 04 de 2017). *Generar energía al caminar ya es posible*. Obtenido de <https://www.elperiodico.com/es/extra/20170409/generar-energia-caminar-baldosas-pavegen-5953594>

Factor Energía. (06 de 02 de 2016). Obtenido de <https://www.factorenergia.com/es/blog/eficiencia-energetica/que-es-la-eficiencia-energetica/>

Fernández, R. (2010). *La mejora de la productividad en la pequeña y mediana empresa*. Alicante: ECU.

Fernández, R. (2010). *La productividad y el riesgo psicosocial o derivado de la organización del trabajo*. Alicante : ECU.

- Fernández, R. (2011). *La dimensión económica del desarrollo sostenible*. Alicante: Editorial Club Universitario.
- Foucault, M. (2012). *seguridad, territorio, poblacion*. akal s.a.
- Gan, F., & Gaspar, B. (2007). *Manual de Recursos Humanos: 10 programas para la gestión y el desarrollo del Factor Humano en las organizaciones actuales*. Barcelona: Editorial UOC .
- García, F. (2013). *prevencion de riesgos laborales*. Málaga: IC editorial. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=TH1bCwAAQBAJ&pg=PT107&dq=La+energ%C3%ADa+est%C3%A1tica&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwj0nN6UpsHcAhUIw1kKHf2oBmsQ6AEIJAA#v=onepage&q=La%20energ%C3%ADa%20est%C3%A1tica&f=false>
- Giménez, B., & Martínez, A. (11 de 10 de 2014). *Luminotecnia: Cálculo según el método de los lúmenes*. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/12833/art%C3%ADculo%20docente%20C%C3%A1lculo%20m%C3%A9todo%20de%20los%20l%C3%BAmenes.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- González, J., & González, J. (2014). Málaga: IC editorial. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=sdKNCwAAQBAJ&pg=PT203&dq=Eficiencia+Energ%C3%A9tica&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjYzjfLo8HcAhVQPN8KHVJaCcgQ6AEIJAA#v=onepage&q=Eficiencia%20Energ%C3%A9tica&f=false>
- Google Maps. (8 de Abril de 2015). *Google*. Obtenido de Google: <https://maps.google.com.ec>
- Granda, M., & Mediavilla, E. (2015). *iNSTRUMENTACION ELECTRONICA*. España: Univerdad Cantabria. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=C51oCAAAQBAJ&pg=PA383&dq=funcion+piezoel%C3%A9ctrico&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiKvqmCm8vcAhUsx1kKHc9KAgcQ6AEIOzAD#v=onepage&q=funcion%20piezoel%C3%A9ctrico&f=false>
- Greiffenstein, R. (2014). *¿Cómo generar energía renovable con solo caminar?* Obtenido de <http://vidamasverde.com/2014/cmo-generar-energia-renovable-con-solo-caminar/>
- Griffin, R. (2011). *Administración*. Boston: Cengage Learning.
- Guerrero, R. (2014). *Técnicas elementales de servicio* . Madrid: Paraninfo.
- Haden, J. (2008). *El diccionario completo de términos de bienes raíces explicados en forma simple: lo que los inversores inteligentes necesitan saber* . Florida: Atlantic Publishing Group .
- Heinemann, K. (2013). *Introducción a la metodología de la investigación empirica*. Barcelona: Paidotrio.
- Heinemann, K. (2014). *Introducción a la metodología de la investigación empirica*. Barcelona: Paidotrio.

- Hernández, Fernández, & Baptista. (2012). ESTUDIOS DESCRIPTIVOS. En *Metodología de la investigación* (pág. 71). México: panamericana impresos S.A.
- Iglesias, M. (2011). *Elaboración de soluciones constructivas y preparación de muebles*. Madrid: Ministerio de Educación, Cultura y Deportes.
- INEC. (12 de Diciembre de 2011). *Instituto Nacional de Estadísticas y Censos*. Obtenido de Encuesta de Estratificación del Nivel Socioeconómico:  
[http://www.inec.gob.ec/estadisticas/?option=com\\_content&view=article&id=112&Itemid=90&](http://www.inec.gob.ec/estadisticas/?option=com_content&view=article&id=112&Itemid=90&)
- INEC. (28 de Julio de 2015). *Instituto Nacional de Estadísticas y Censos*. Obtenido de Ecuador en cifras: [http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Infografias/asi\\_esGuayaquil\\_cifra\\_a\\_cifra.pdf](http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Infografias/asi_esGuayaquil_cifra_a_cifra.pdf)
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). (20 de 07 de 2014). *Confort térmico*. Obtenido de [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/FichasNotasPracticas/Ficheros/np\\_enot\\_99.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/FichasNotasPracticas/Ficheros/np_enot_99.pdf)
- Jimenez, F. (12 de 2015). *Piezoelectric business optimization for use in energy systems harvesting*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0366317515000862>
- Jiménez, F., & Frutos, J. (21 de 12 de 2015). Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0366317515000862>
- Jiménez, J. (2014). *Programas informatica en eficiencia energeticas en edificios*. Málaga: IC editorial. Obtenido de [https://books.google.com.ec/books?id=\\_NKNCwAAQBAJ&pg=PT67&dq=Demand+a+Energ%C3%A9tica&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEWjZn9fpncHcAhWD2VMKHZkTD7sQ6AEIMTAC#v=onepage&q=Demanda%20Energ%C3%A9tica&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=_NKNCwAAQBAJ&pg=PT67&dq=Demand+a+Energ%C3%A9tica&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEWjZn9fpncHcAhWD2VMKHZkTD7sQ6AEIMTAC#v=onepage&q=Demanda%20Energ%C3%A9tica&f=false)
- JM3 Studio . (23 de 09 de 2014). *Piezoelectricidad*. Obtenido de <https://jm3studio.com/piezoelectricidad-que-es-eso/>
- Joachimsthaler, E. (2008). *Ver lo evidente: Cómo definir y ejecutar la futura estrategia de crecimiento en su empresa*. Barcelona: Ediciones Deusto .
- Krugman, P., & Wells, R. (2007). *Macroeconomía: Introducción a la economía; Versión española traducida por Gotzone Pérez Apilanez; revisada por José Ramón de Espínola*. Barcelona: Reverté.
- Leiceaga, C., Carrillo, F., & Hernández, Á. (2012). *Economía 1º Bachillerato*. San Sebastián: Editorial Donostiarra.
- Llamas, C. (2009). *MARKETING Y GESTIÓN DE LA CALIDAD TURÍSTICA*. Madrid: Liber Factory .

- Longenecker, J., Petty, W., Palich, L., & Hoy, F. (2012). *Administración de Pequeñas Empresas: Lanzamiento y Crecimiento de iniciativas de emprendimiento*. México, D.F.: Cengage Learning.
- Lopez, J. (2013). *+Productividad*. Bloomington: Palibrio.
- Macías, G., & Parada, L. (2013). *Mujeres, su participación económica en la sociedad*. Guadalajara: Universidad de Guadalajara.
- Martín, S. (2015). *Eficiencia en las instalaciones de iluminación interior y alumbrado exterior*. España: Elearning S, L. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=53xXDwAAQBAJ&pg=PA11&dq=LA+ILUMINACION+C3%93N+Y+EL+CONSUMO+ENERG%C3%89TICO&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjseC6vc3cAhUvq1kKHTChCYAQ6AEIMjAC#v=onepage&q=LA%20ILUMINACION%20Y%20EL%20CONSUMO%20ENERG%C3%89TICO&f=false>
- Martínez, A., & Del Amo, A. (2016). *Instalaciones solares térmicas de baja temperatura*. España: UNE. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=7biQDQAAQBAJ&pg=PA9&dq=Arquitectura+del+circuito+de+captacion+C3%B3n+de+energ%C3%ADa&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjCqdrZl8vcAhUitlkKHWosA14Q6AEIJAA#v=onepage&q=Arquitectura%20del%20circuito%20de%20captacion+C3%B3n%20de%20energ%C3>
- Martínez, I. (2005). *La comunicación en el punto de venta: estrategias de comunicación en el comercio real y online*. Madrid: Esic.
- Mata, C. (2014). *Innovación educativa*. Barcelona: Cedro. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=nXuqCQAAQBAJ&pg=PA1708&dq=baldosa+piezoeléctrica&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwj1M6iqMHcAhVQmeAKHYhfCfEQ6AEIJAA#v=onepage&q=baldosa%20piezoeléctrica&f=false>
- Medina, P. (2016). *Cuadernos de Diseño*. Madrid: IED. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=0NOzCwAAQBAJ&pg=PT176&dq=dise%C3%B1o+sostenible&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjulvqmqMvcAhWrq1kKHf6SCmQQ6AEIJAA#v=onepage&q=dise%C3%B1o%20sostenible&f=false>
- Mejía, D. (14 de 06 de 2015). *Factores Bioclimáticos en viviendas*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/darwinmejiaapia/factores-bioclimaticos-en-viviendas>
- Merino, E. (2014). El Cambio de la Matriz Productiva. *Buen Viaje*, 10.
- Merizalde, P. (3 de 02 de 2015). Obtenido de [http://www.elcolombiano.com/historico/en\\_que\\_consiste\\_el\\_diseno\\_sostenible-KCEC\\_168398](http://www.elcolombiano.com/historico/en_que_consiste_el_diseno_sostenible-KCEC_168398)
- Miranda, A., Zambrano, M., & Yaguana, J. (26 de Julio de 2009). *Dspace Espol*. Recuperado el 23 de Septiembre de 2015, de Dspace Espol: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/10675/1/D-39734.pdf>

- Montero, C. (2005). *Estrategias Para Facilitar la Inserción Laboral a Personas Con Discapacidad*. San José: EUNED.
- Mora, J. (Jorge Mora). *Los libros, aporte bibliográfico, las bellas artes e investigaciones históricas*. Nariño: Pasto.
- Morales, R. (2013). *MF1330\_1: Limpieza doméstica*. Málaga: INNOVA.
- Navarro, R. (2014). *Guía definitiva de la física*. España. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=vxODAgAAQBAJ&pg=PA19&dq=Impulso+mec%C3%A1nico&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjL49v9psHcAhXQzIMKHRzWAKwQ6AEILDAB#v=onepage&q=Impulso%20mec%C3%A1nico&f=false>
- NEC-11 Capítulo 13. (06 de Abril de 2011). *Norma ecuatoriana de la construcción*. Obtenido de Eficiencia energética en la construcción en Ecuador: <https://inmobiliariadja.files.wordpress.com/2016/09/nec2011-cap-13-eficiencia-energic3a9tica-en-la-construccic3b3n-en-ecuador-021412.pdf>
- NTE INEN-ISO 50001:2012. (6 de Marzo de 2012). *Norma técnica ecuatoriana*. Obtenido de Sistema de gestión de la energía: [http://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/EXTRACTO\\_2014/VGR/nte\\_inen\\_iso\\_50001extracto.pdf](http://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/EXTRACTO_2014/VGR/nte_inen_iso_50001extracto.pdf)
- Nutsch, W. (2000). *Tecnología de la madera y del mueble*. Barcelona: Reverté.
- Obregón, M. (2016). *Fundamentos de ergonomía*. México: Printed in Mexico. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=chchDgAAQBAJ&pg=PA127&dq=luz+natural&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwid6OuU48rcAhUwxVvKkHdtzAw4Q6AEIMTAC#v=onepage&q=luz%20natural&f=false>
- OCDE. (2014). *Colombia: La implementación del buen gobierno*. Paris: OECD Publishing.
- OIT. (2008). *Calificaciones para la mejora de la productividad el crecimiento del empleo y el desarrollo*. Ginebra: Oficina Internacional del Trabajo .
- Olavarria, M. (2005). *Pobreza, crecimiento económico y políticas sociales*. Santiago de Chile: Editorial Universitaria.
- Oportunidades y retos. (2014). *Edificación sustentable*. Obtenido de <http://www3.cec.org/islandora/es/item/2335-green-building-in-north-america-opportunities-and-challenges-es.pdf>
- Peralta, N. (24 de Septiembre de 2010). *Repositorio Universidad Andina Simón Bolívar*. Recuperado el 23 de Septiembre de 2015, de Repositorio Universidad Andina Simón Bolívar: <http://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/2695/1/T0878-MT-Peralta-Industria%20maderera.pdf>
- Perdigones, J. (2011). *MF0996\_1: Limpieza del mobiliario interior*. Málaga: INNOVA.
- Perdomo, O. (2012). *¡Abre tu negocio... y vivirás en abundancia!* Bloomington: Palibrio.

- Pérez, E. (08 de 2016). *Instituto Politecnico del Litoral*. Obtenido de <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/21498/Dise%C3%B1o%20en%20implementaci%C3%B3n%20de%20un%20generador%20piezoel%C3%A9ctrico%20baldosa%2C%20para%20alimentar%20un%20sistema%20de%20iluminaci%C3%B3n%20de%20baja%20potencia.pdf?sequence=1&isAllowed>
- Pérez, M. (2014). *Instrumentacion electronica*. España: Paraninfo. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=Fb5tBQAAQBAJ&pg=PA379&dq=usos+PIEZOEL%C3%89CTRICO&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjGxba6k8vcAhVDs1kKHdBVCG0Q6AEIJAA#v=onepage&q=usos%20PIEZOEL%C3%89CTRICO&f=false>
- Pérez, M. (2014). *Instrumentacion electronica*. España: Paraninfo. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=Fb5tBQAAQBAJ&pg=PA379&dq=Efecto+Piezoel%C3%A9ctrico&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjKxaOEpcHcAhVH4VMKHQIzCbUQ6AEIJAA#v=onepage&q=Efecto%20Piezoel%C3%A9ctrico&f=false>
- Puig-Durán, J. (2011). *Certificación y modelos de calidad en hostelería y restauración*. Madrid: Diaz de Santos.
- Quimbiulco, C. (3 de Marzo de 2012). *Dspace Universidad Central del Ecuador*. Recuperado el 23 de Septiembre de 2015, de Dspace Universidad Central del Ecuador: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/903/1/T-UCE-0003-51.pdf>
- Real decreto 564/2017. (6 de Junio de 2017). *Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado*. Obtenido de Ministerio de la Presidencia: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2013-3904&tn=1&p=20170606#aunico>
- Repullo, J. (2006). *Sistemas y servicios sanitarios: Manuales de Dirección Médica y Gestión Clínica*. Madrid: Ediciones Días de Santos.
- Risco, L. (2013). *Economía de la empresa: Prueba de acceso a la Universidad para mayores de 25 años*. Bloomington: Palibrio.
- Rodríguez, R. (2014). *Técnicas de tapizado de mobiliario: TCPF0209. Operaciones auxiliares de tapizado de mobiliario y mural*. Madrid: IC Editorial.
- Ruano, C., & Sánchez, M. (2014). *UF0083: Diseño de Productos y servicios turísticos locales*. Málaga: IC Editorial.
- Sabino, C. (2012). la encuesta. En *Proceso de la encuesta* (pág. 130). Caracas: Panapo.
- SABINO, Carlos. (2012). la encuesta. En *Proceso de la encuesta* (pág. 130). Caracas: Panapo.
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. (2012). *Transformación de la Matriz Productiva: Revolución productiva a través del conocimiento y el talento humano*. Quito : SENPLADES .

- Sescovich, S. (2009). *La gestión de personas: un instrumento para humanizar el trabajo*. Madrid: Libros en Red.
- Soto, E., Valenzuela, P., & Vergara, H. (2003). *Evaluación del impacto de la capacitación en la productividad*. Santiago de Chile : FUNDES.
- Tamayo, D., & Cardos, N. (11 de 05 de 2017). *repository.ucatolica.edu*. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/14488/1/Proyecto%20de%20grado%20piezoelectricos%20en%20perfil%20vial%20piloto%20en%20Bogot%C3%A1.pdf>
- Tareas universitarias. (28 de 01 de 2014). *Coeficiente de reflexión aproximados*. Obtenido de <https://tareasuniversitarias.com/coeficiente-de-reflexion-aproximados.html>
- TRILUX Iluminación. (3 de 09 de 2015). *RENDIMIENTO LUMINOSO*. Obtenido de <https://www.trilux.com/es/blog/rendimiento-luminoso/>
- Valle, A. (1991). *Productividad: Las visiones neoclásica y marxista*. México, D.F. : UNAM.
- Vargas, I. (2016). *Derecho e innovacion ambiental*. Bogota: Universidad del Rosario. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=Sl0yDwAAQBAJ&pg=PT44&dq=Dise%C3%B1o+sostenible+y+arquitectura&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwj9aGqsvAhWhs1kKHTGzCKgQ6AEILTAB#v=onepage&q=Dise%C3%B1o%20sostenible%20y%20arquitectura&f=false>
- Varini, C. (2016). *Ecoenvolventes*. Bogotá: Universidad piloto de colombia. Obtenido de [https://books.google.com.ec/books?id=\\_uk0DwAAQBAJ&pg=PT44&dq=Consumo+energ%C3%A9tico+y+su+relaci%C3%B3n+con+el+impacto+ambiental&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjZ3IP\\_wc3cAhXNtVkkHfmqDkYQ6AEIJAA#v=onepage&q=Consumo%20energ%C3%A9tico%20y%20su%20relaci%C3%B3n%20con%20](https://books.google.com.ec/books?id=_uk0DwAAQBAJ&pg=PT44&dq=Consumo+energ%C3%A9tico+y+su+relaci%C3%B3n+con+el+impacto+ambiental&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjZ3IP_wc3cAhXNtVkkHfmqDkYQ6AEIJAA#v=onepage&q=Consumo%20energ%C3%A9tico%20y%20su%20relaci%C3%B3n%20con%20)

**ANEXOS**  
**ANEXO 1 FORMATO DE ENTREVISTA**



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**  
**CARRERA DE ARQUITECTURA**

**Formato de entrevista**

**Objetivo**

Obtener información para conocer las vicisitudes presentadas y buscar las posibles soluciones a través de un diseño sostenible para la eficiencia energética de iluminación utilizando efecto piezoeléctrico en los bloques FIIC de la ULVR.

**Entrevistado:**

**Elaborado por:** Eduardo Chila y Meiling Chong

- 1. ¿Qué tipo de mecanismos internos se utiliza para generar electricidad y cuál es el consumo mensual que maneja la institución?**
- 2. ¿Se han presentado algún tipo de inconvenientes eléctricos en los bloques FIIC de la ULVR?**
- 3. ¿Qué opina sobre el impacto ambiental que provoca el consumo eléctrico innecesario?**
- 4. ¿Conoce usted los problemas que provocan los generadores energéticos en la actualidad?**
- 5. ¿Usted conoce o ha escuchado acerca de la energía renovable y cuáles son los beneficios que le ofrece al planeta?**
- 6. ¿Tiene conocimiento sobre las baldosas piezoeléctricas y su función en el aprovechamiento de la energía cinética provocado por el caminar de las personas?**
- 7. ¿Cree usted que con el diseño sostenible para la eficiencia energética de iluminación utilizando efecto piezoeléctrico en los bloques FIIC de la ULVR será la solución a los inconvenientes energéticos (costos, contaminación ambiental entre otros)?**

- 8. ¿Cada qué periodo se cambian o compran las iluminarias en la institución y cuáles son los motivos de los mismos?**
- 9. ¿En qué lugar desechan o colocan los focos quemados o aquellos que se encuentran en mal estado?**
- 10. ¿Cuál es el tiempo de encendido y apagado de las luminarias durante el día y la noche?**
- 11. ¿Existe algún tipo de procedimiento de encendido y apagado de luces en los bloques FIIC de la ULVR y cuál es?**

## ANEXO 2 FORMATO DE ENCUESTA



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN  
CARRERA DE ARQUITECTURA**

**Encuesta realizada a los estudiantes de la ULVR. Eficiencia energética en iluminación**

**1.- ¿Cómo considera usted que es la iluminación en los bloques FIIC?**

- Adecuada
- Algo molesta
- Molesta
- Muy molesta

**2.- Según las siguientes afirmaciones que se van a mencionar. ¿Usted con cuál está de acuerdo?**

- Tengo que forzar la vista para poder realizar mi trabajo
- En mi puesto de trabajo la luz es excesiva
- Las luces producen brillos o reflejos en algunos elementos de mi puesto de trabajo
- La luz de algunas lámparas o ventanas me da directamente en los ojos
- En mi puesto de trabajo hay muy poca luz
- En mi puesto de trabajo tengo dificultades para ver bien los colores
- En las superficies de trabajo de mi puesto hay algunas sombras molestas
- Necesitaría más luz para poder realizar mi trabajo más cómodamente
- En algunas superficies de mi puesto de trabajo hay reflejos
- Cuando miro a las lámparas, me molestan
- En mi puesto de trabajo hay algunas luces que parpadean

**3.- ¿Qué aspecto del confort de su aula le parece más importante? Escoja un ítem**

- Ventilación
- Iluminación
- Temperatura

- Aislamiento acústico
- Otras

**4.- ¿Cuál de los siguientes puntos que se van a mencionar considera más relevante a la hora de optimizar recursos eléctricos en las aulas?**

- Los hábitos de los estudiantes en función de la eficiencia energética
- El uso de materiales con fines energéticos
- Energías renovables
- Automatización de los servicios (domótica)

**5.- De las energías renovables que existen en el mercado, en su opinión, ¿Cuáles podrían ser una alternativa viable para utilizarla?**

- Energía fotovoltaica
- Energía eólica
- Energía hidráulica
- Energía piezoeléctrica
- Energía térmica
- Iluminación led
- Otros

**6.- ¿Cree usted que los generadores energéticos actuales generan contaminación?**

- Si
- No

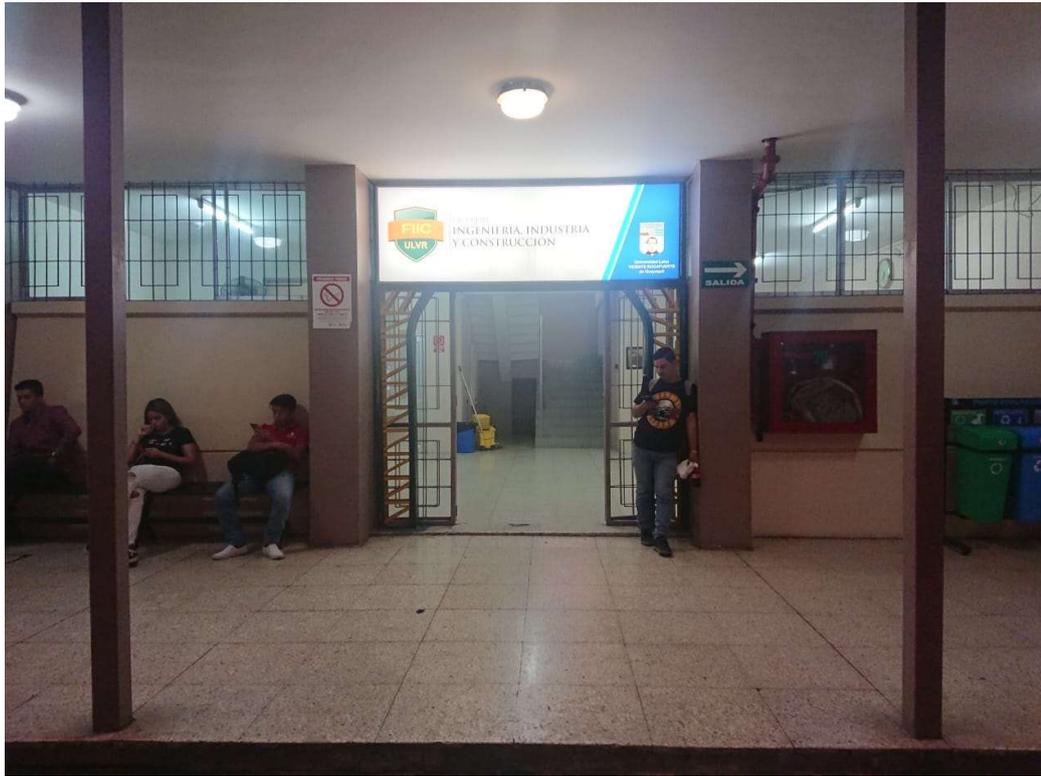
**7 - ¿Conoce o ha escuchado acerca de las baldosas piezoeléctricas generadoras de energía?**

- Si
- No

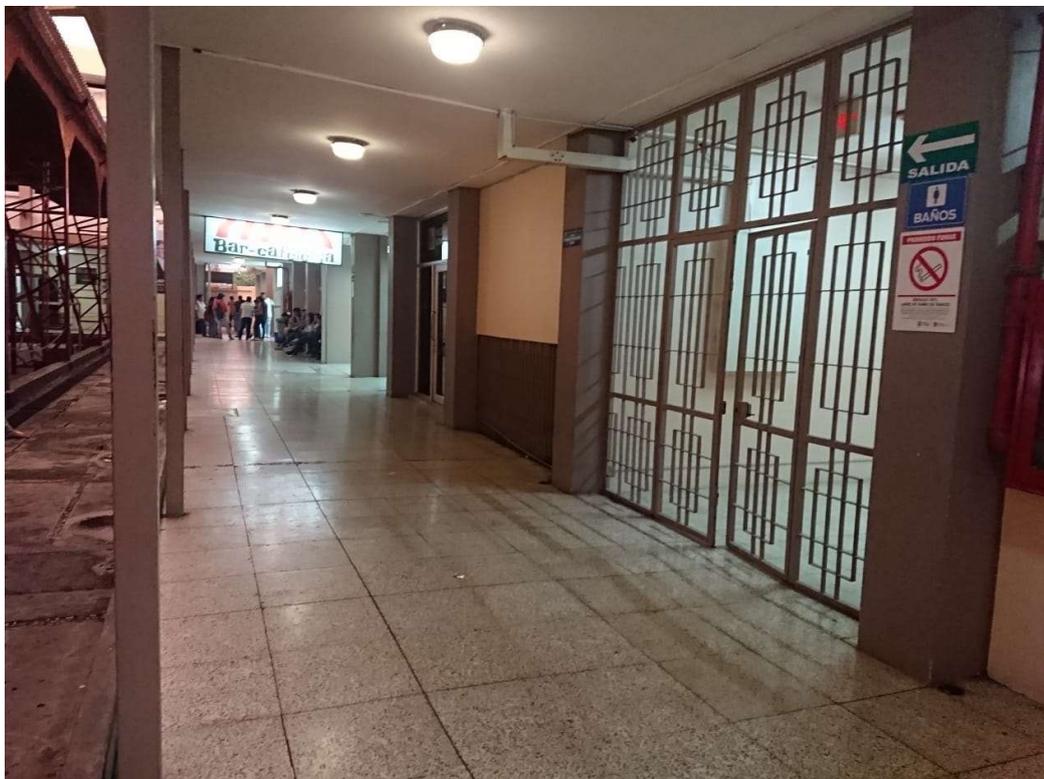
**8. ¿Considera que la implementación de un nuevo sistema eléctrico con energía renovable como las baldosas piezoeléctricas para ser colocados en los bloques de la URVL sea de gran utilidad?**

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Indiferente
- En desacuerdo
- Totalmente en desacuerdo

### ANEXO 3 FOTOS. INGRESO ACTUAL BLOQUES FIIC

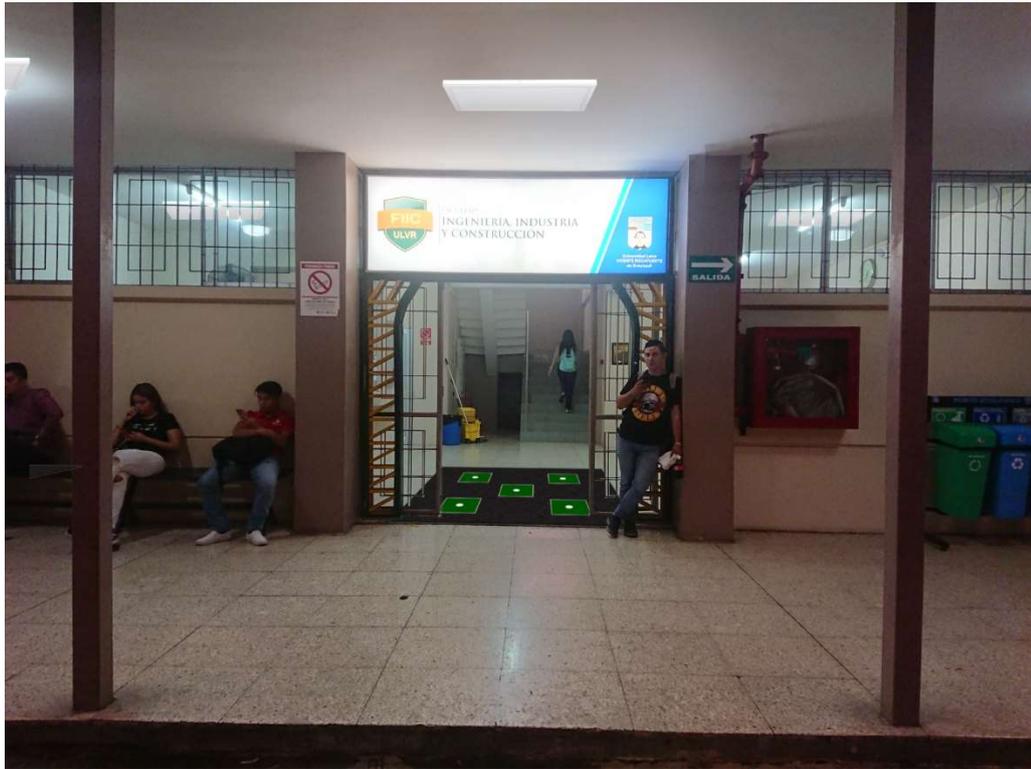


Fuente: Edificio FIIC. Bloque Civil de la Universidad Laica Vicente Rocafuerte.

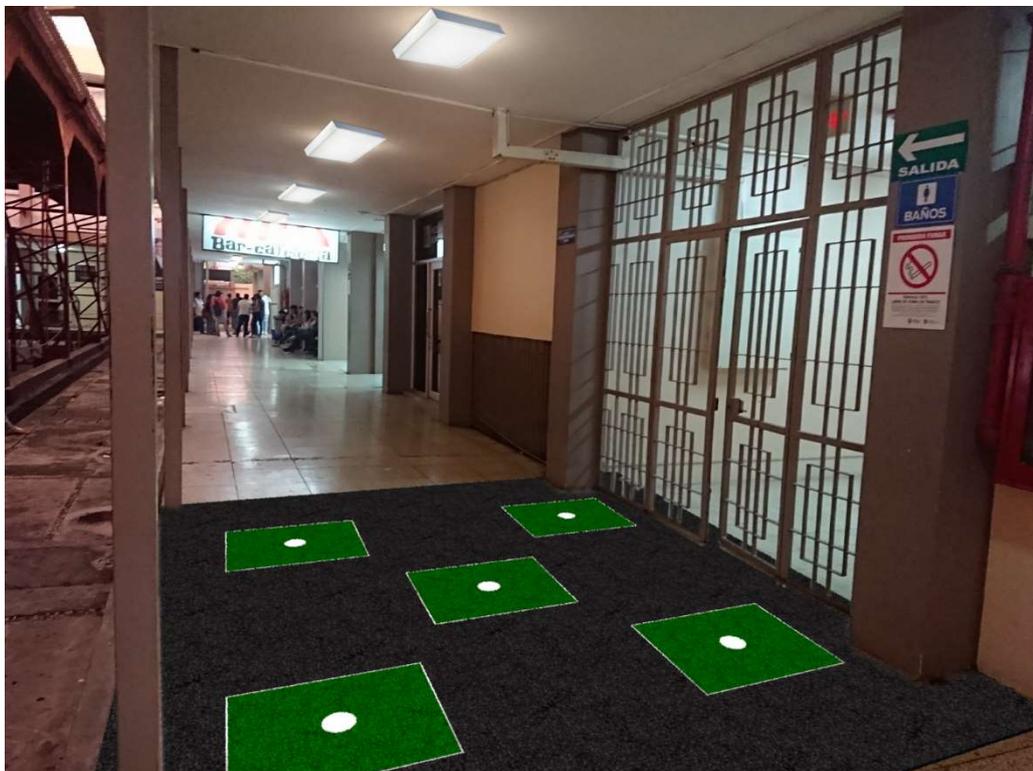


Fuente: Edificio FIIC. Bloque Arquitectura de la Universidad Laica Vicente Rocafuerte.

## ANEXO 4 FOTOS. IMPLEMENTACIÓN DE BALDOSAS



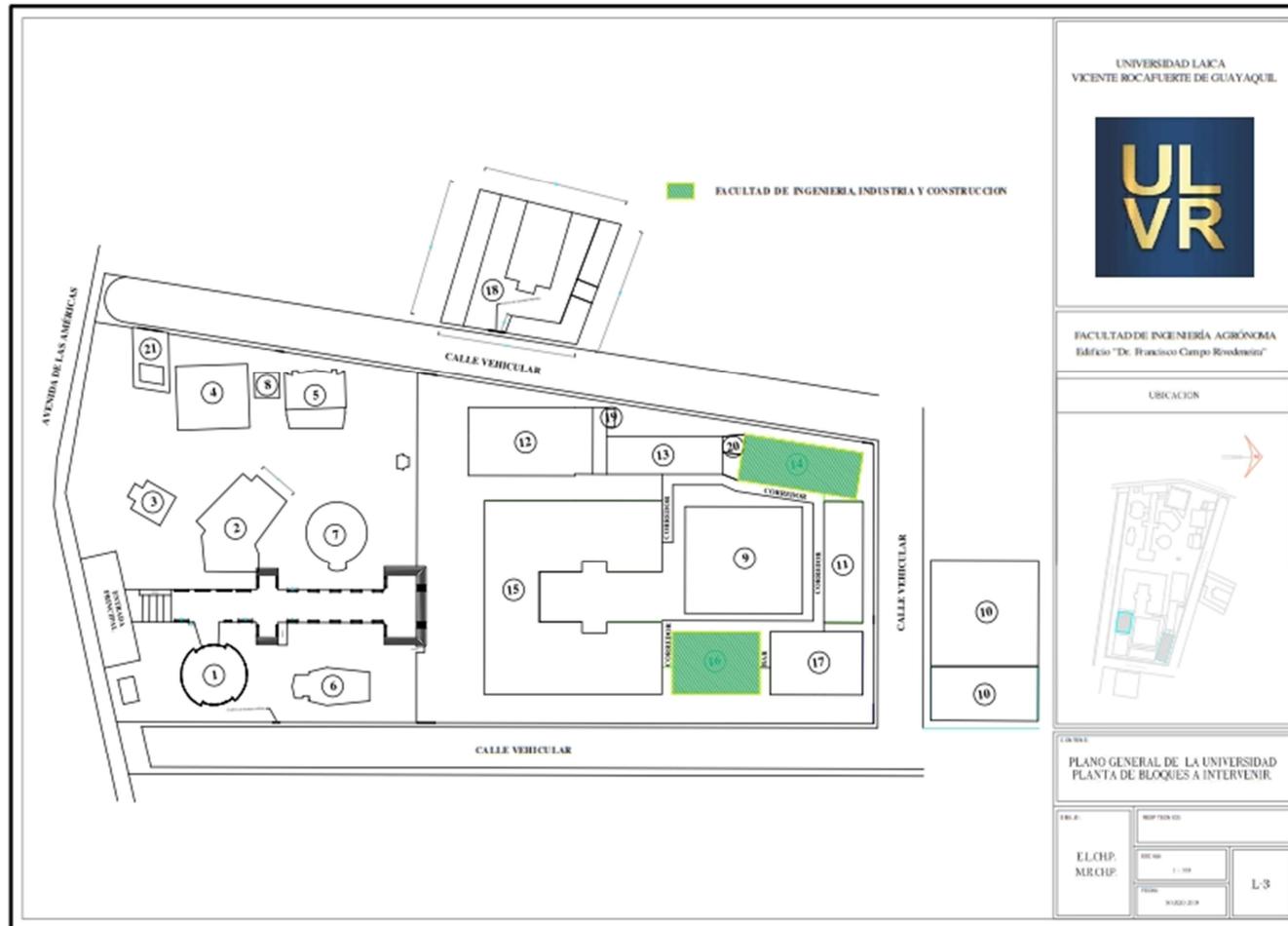
**Propuesta:** Edificio FIIC. Bloque Civil de la Universidad Laica Vicente Rocafuerte.



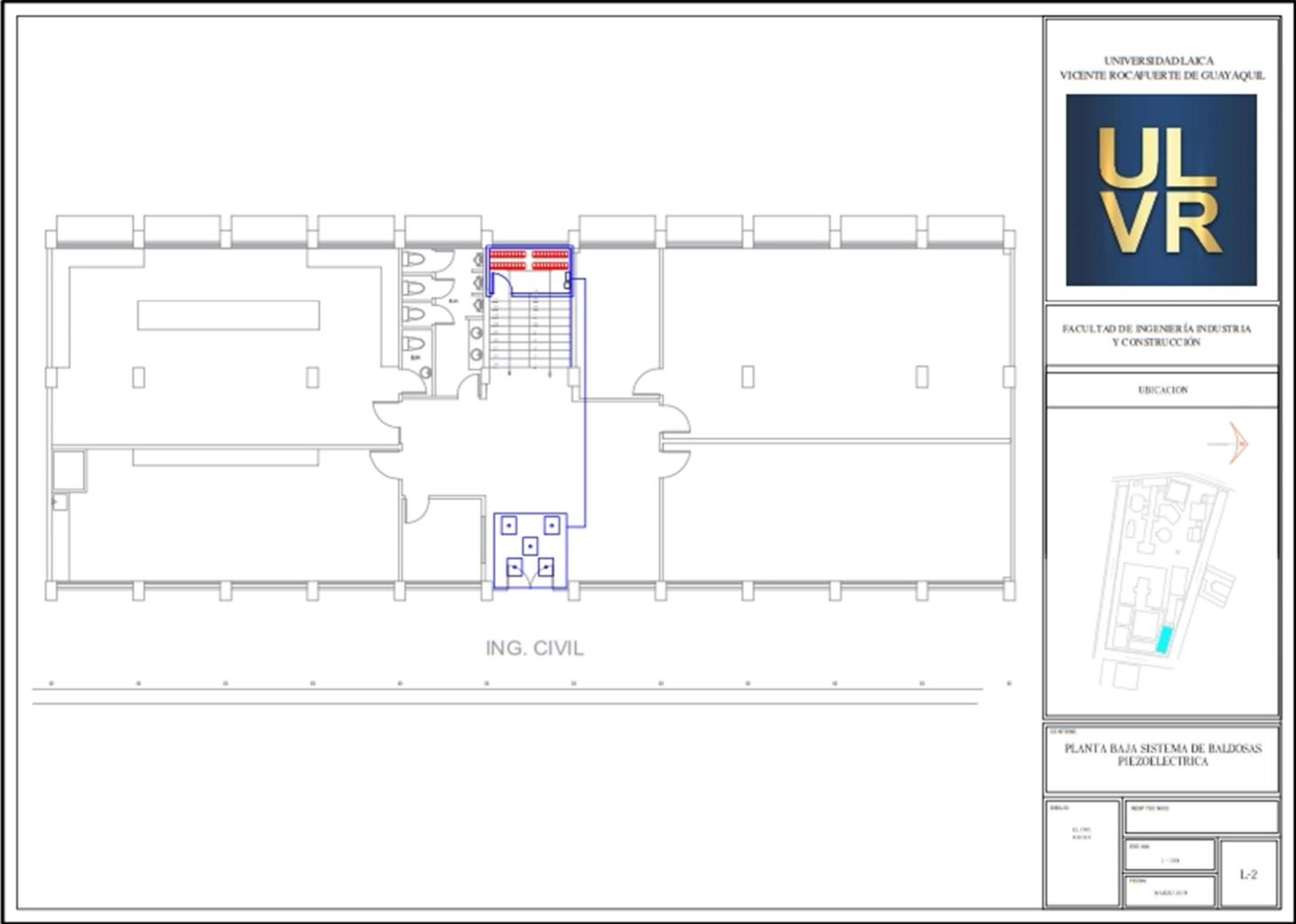
**Propuesta:** Edificio FIIC. Bloque Arquitectura de la Universidad Laica Vicente Rocafuerte.

# ANEXO 5 PLANOS

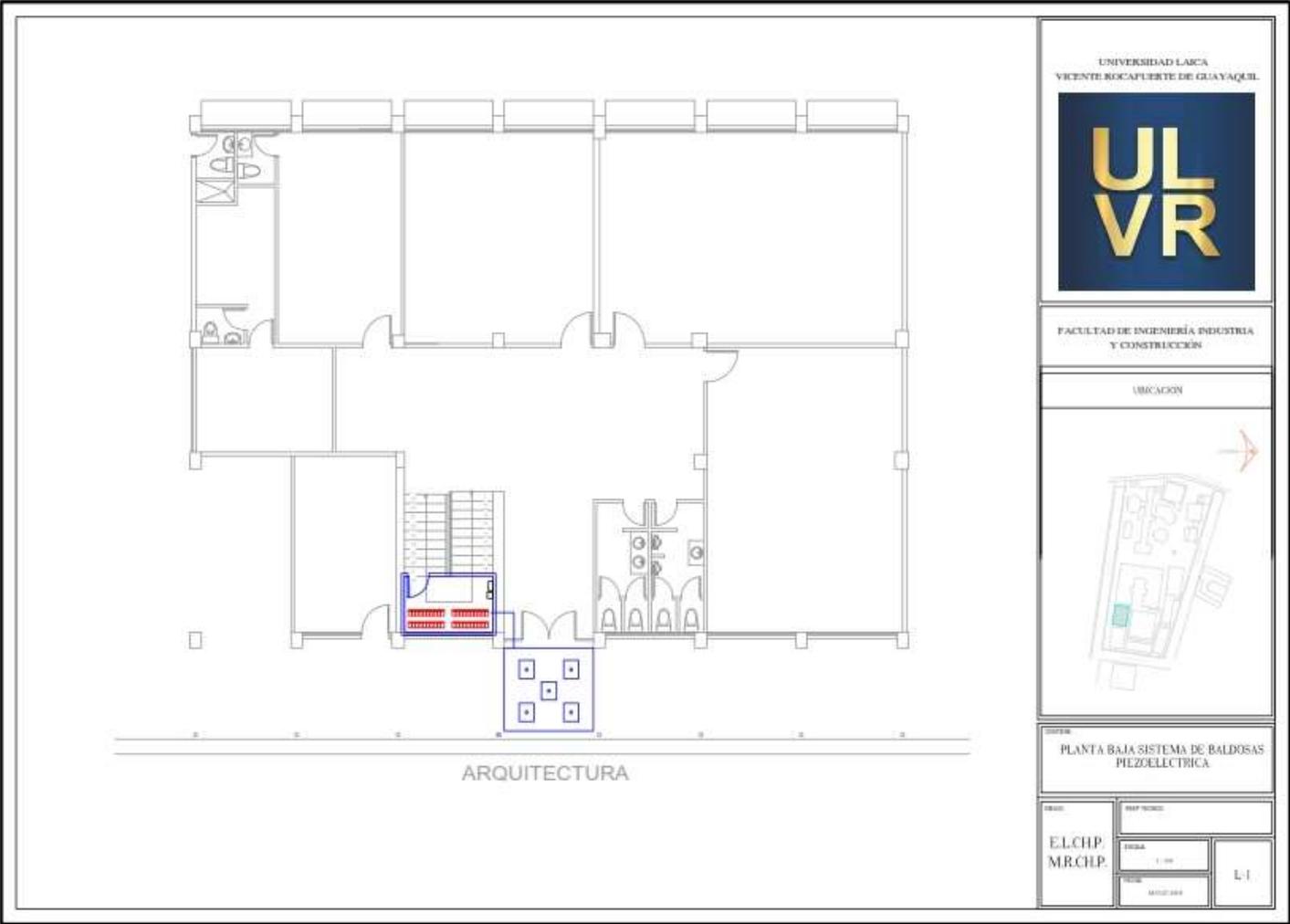
## Plano general de la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil. Bloques FIIC



**Plano de ubicación de baldosas. Bloque de Ingeniería Civil de la ULVR**



**Plano de ubicación de baldosas. Bloque de Arquitectura de la ULVR**



**Plano de ubicación de baldosas. Fachadas**

FACHADA FRONTAL

UNIVERSIDAD LAICA  
VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
Edificio "Prof. Jaime Fabr. Jansen"

UBICACION

FACHADA FRONTAL

E.C.H.P. M.R.C.H.P.	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">FECHA</td> <td style="width: 50%;">L-4</td> </tr> <tr> <td style="width: 50%;">FECHA</td> <td style="width: 50%;">2022.03.08</td> </tr> </table>	FECHA	L-4	FECHA	2022.03.08
FECHA	L-4				
FECHA	2022.03.08				



UNIVERSIDAD LAMICA  
VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL



FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÓNOMA  
Edificio "Dr. Francisco Campa Rosendanz"

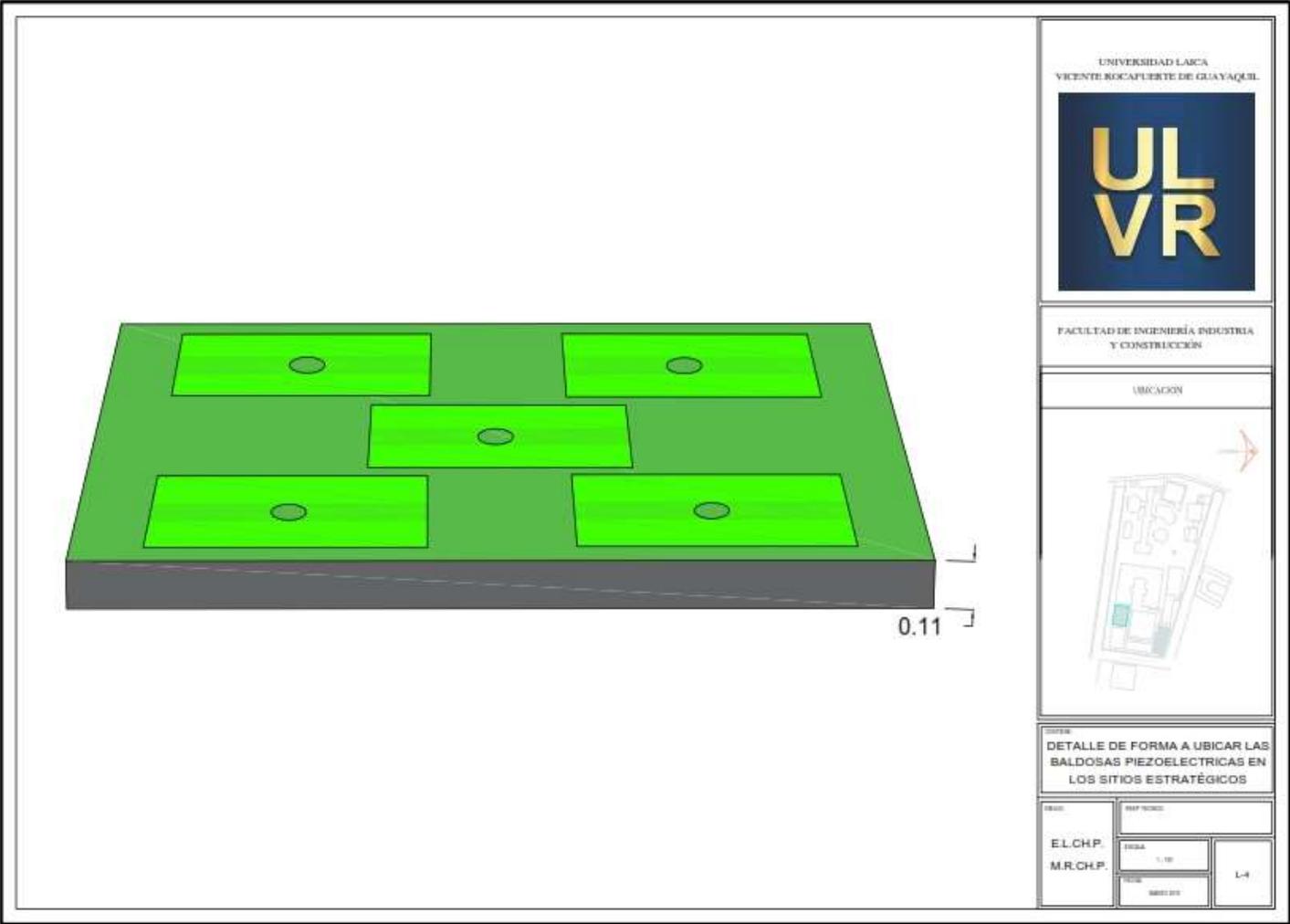
UBICACION



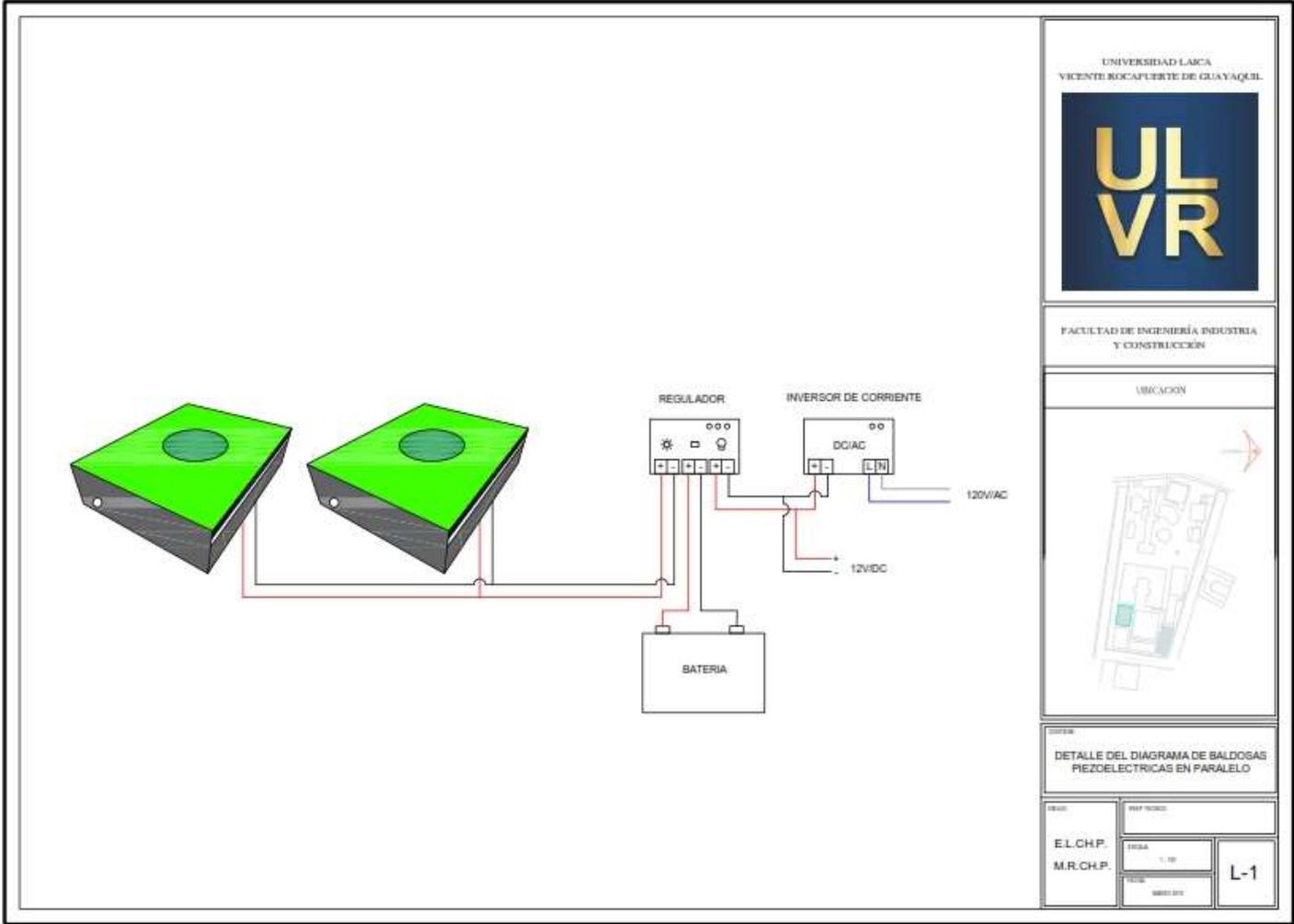
FACHADA FRONTAL  
FACHADA POSTERIOR

<p>ELCOP MUCHF</p>	<p>ESCALA 1:100</p>	<p>L:3</p>
------------------------	-------------------------	------------

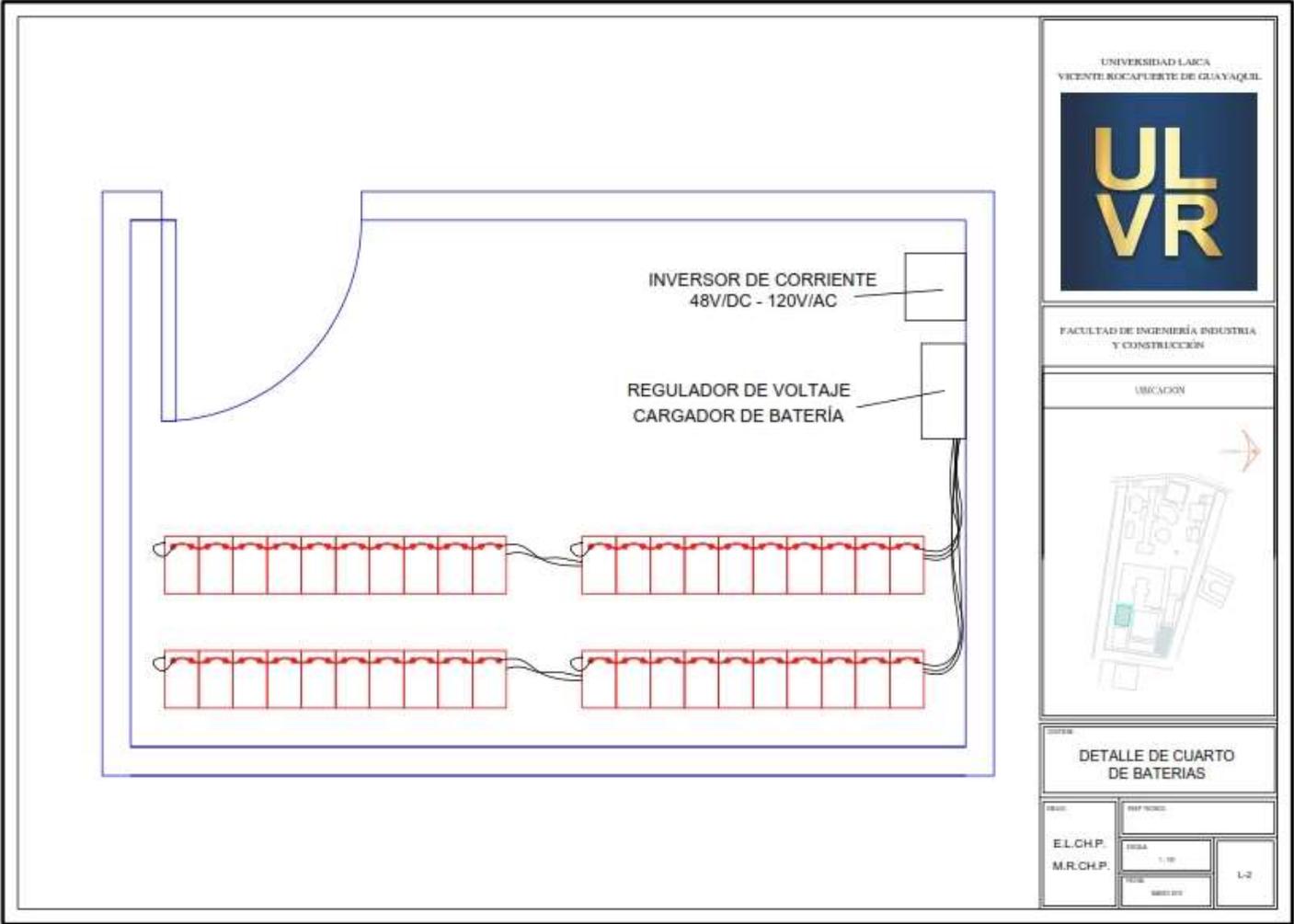
**Detalle general de sistema de baldosas.**



**Detalle del sistema piezoeléctrico y captación de energía.**



**Detalle de cuarto de baterías. Almacenamiento de energía.**



UNIVERSIDAD LARA  
VICENTE ROCAFORTE DE GUAYAQUIL

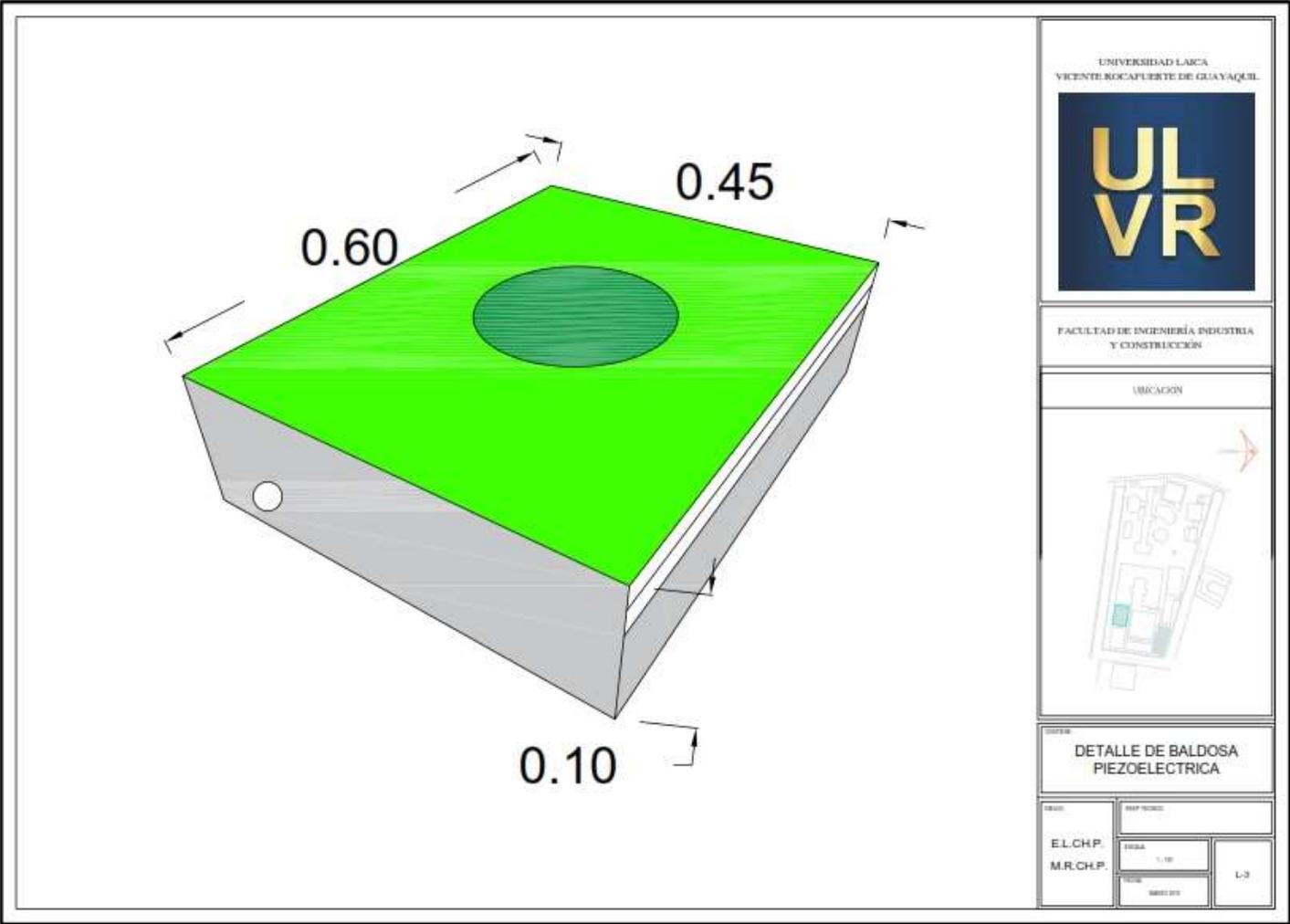
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y CONSTRUCCIÓN

UBICACION

DETALLE DE CUARTO DE BATERIAS

PROJ:	REP. TERCER:
E.L.C.H.P.	ESCALA: 1:50
M.R.C.H.P.	FECHA: 2023/07/10
	L-2

**Detalle de medidas de baldosas piezoeléctricas.**



## ANEXO 6 CÁLCULOS

### Levantamiento luminotécnico actual

AMBIENTE	CANTIDAD DE LUMINARIAS FLUORESCENTES				FOCOS AHORRADORES	EMPO TRABLE LED	FLUJO LUMINOSO ACTUAL	FLUJO LUMINOSO REAL	POTENCIA INSTALADA (A)	VEEI	VEEI %
	1X 40W	2X 40W	3X 32W	4X 40W							
<b>BLOQUE CIVIL</b>											
<b>PLANTA BAJA</b>											
PASILLO EXTERIOR					8		10,168.00	10,168.00	160	1.42	63.55%
AULA 018				8			80,000.00	32,000.00	1,280	4.51	25.00%
LABORATORIO HIDRAULICA				10			100,000.00	40,000.00	1,600	4.10	25.00%
LABORATORIO SUELOS				8			80,000.00	32,000.00	1,280	3.19	25.00%
BAÑO LABORATORIO SUELOS					1		1,271.00	1,271.00	20	5.67	63.55%
LABORATORIO HORMIGON				8			80,000.00	32,000.00	1,280	4.72	25.00%
INFORMACION	1						2,500.00	1,000.00	40	1.74	25.00%
BAÑO CABALLEROS	1						2,500.00	1,000.00	40	1.88	25.00%
HALL DE INGRESO	4						10,000.00	4,000.00	160	4.33	25.00%
HALL DE INGRESO	1						2,500.00	1,000.00	40	4.18	25.00%
ESCALERAS	1						2,500.00	1,000.00	40	5.41	25.00%
<b>PRIMER PISO</b>											
SECRETARIA		3					15,000.00	6,000.00	240	2.20	25.00%
DIRECCION DE CARRERA		2					10,000.00	4,000.00	160	4.74	25.00%
SUBDECANATO		1					5,000.00	2,000.00	80	2.25	25.00%
BAÑO SUBDECANATO					1		1,271.00	1,271.00	20	5.31	63.55%
DECANATO		1					5,000.00	2,000.00	80	1.89	25.00%

BAÑO DECANATO		1	1,271.00	1,271.00	20	5.40	63.55%
AULA 126		4	40,000.00	16,000.00	640	2.88	25.00%
AULA 127		4	40,000.00	16,000.00	640	2.91	25.00%
AULA 125		8	80,000.00	32,000.00	1,280	4.66	25.00%
LABORATORIO 16		4	40,000.00	16,000.00	640	2.18	25.00%
BAÑO CABALLEROS		1	5,000.00	2,000.00	80	5.95	25.00%
BAÑO DAMAS		1	5,000.00	2,000.00	80	12.23	25.00%
PASILLOS	5		12,500.00	5,000.00	200	4.51	25.00%
ESCALERAS	1		2,500.00	1,000.00	40	5.41	25.00%
<b>SEGUNDO PISO</b>							
BODEGA		2	20,000.00	8,000.00	320	3.95	25.00%
AULA 224		6	60,000.00	24,000.00	960	2.81	25.00%
SALA TUTORIA		4	25,200.00	10,080.00	444	1.99	22.70%
LABORATORIO TOPOGRAFIA		3	30,000.00	12,000.00	480	2.15	25.00%
AULA 223		8	80,000.00	32,000.00	1,280	2.51	25.00%
BAÑO CABALLEROS		1	5,000.00	2,000.00	80	6.01	25.00%
BAÑO DAMAS		1	5,000.00	2,000.00	80	6.00	25.00%
PASILLOS	4		10,000.00	4,000.00	160	4.19	25.00%
PASILLOS	2		5,000.00	2,000.00	80	5.90	25.00%
<b>TERCER PISO</b>							
PASILLOS		4	40,000.00	16,000.00	640	21.52	25.00%
PASILLOS		4	40,000.00	16,000.00	640	23.72	25.00%
AULA 331		6	60,000.00	24,000.00	960	3.52	25.00%
AULA 332		15	150,000.00	60,000.00	2,400	4.68	25.00%
AULA 329		15	150,000.00	60,000.00	2,400	4.72	25.00%
AULA 330		6	60,000.00	24,000.00	960	3.55	25.00%

<b>BLOQUE ARQUITECTURA</b>							
<b>PLANTA BAJA</b>							
PASILLO EXTERIOR		8	10,168.00	10,168.00	160	2.07	63.55%
AULA 014		6	60,000.00	24,000.00	960	3.15	25.00%
AULA 013		6	60,000.00	24,000.00	960	2.74	25.00%
AULA 012		4	40,000.00	16,000.00	640	2.93	25.00%
DIRECCION DE CARRERA		3	18,900.00	7,560.00	333	3.88	22.70%
BAÑO DIRECCION DE CARRERA		1	1,271.00	1,271.00	20	6.23	63.55%
BAÑO CABALLEROS		2	2,100.00	2,100.00	30	2.70	70.00%
BAÑO DAMAS		2	2,100.00	2,100.00	30	2.73	70.00%
HALL DE INGRESO	2		5,000.00	2,000.00	80	5.56	25.00%
HALL DE INGRESO	4		10,000.00	4,000.00	160	2.75	25.00%
ESCALERAS	1		2,500.00	1,000.00	40	4.49	25.00%
<b>PRIMER PISO</b>							
AULA 116		6	60,000.00	24,000.00	960	3.09	25.00%
AULA 117		6	60,000.00	24,000.00	960	2.73	25.00%
AULA 118		4	40,000.00	16,000.00	640	2.81	25.00%
AULA 119		6	60,000.00	24,000.00	960	3.34	25.00%
AULA 120		6	60,000.00	24,000.00	960	3.88	25.00%
BAÑO CABALLEROS		1	1,271.00	1,271.00	20	1.78	63.55%
BAÑO DAMAS		1	1,271.00	1,271.00	20	1.80	63.55%
SALA TUTORIA		1	10,000.00	4,000.00	160	2.38	25.00%
PASILLOS	3		7,500.00	3,000.00	120	2.44	25.00%
ESCALERAS	1		2,500.00	1,000.00	40	4.49	25.00%
<b>SEGUNDO PISO</b>							
AULA 214		6	60,000.00	24,000.00	960	4.38	25.00%

AULA 215		6	60,000.00	24,000.00	960	3.24	25.00%
LABORATORIO 8		6	60,000.00	24,000.00	960	2.79	25.00%
AULA 216		6	60,000.00	24,000.00	960	3.34	25.00%
AULA 217		6	60,000.00	24,000.00	960	3.89	25.00%
BAÑO CABALLEROS	1		2,500.00	1,000.00	40	3.75	25.00%
BAÑO DAMAS	1		2,500.00	1,000.00	40	3.57	25.00%
SALA TUTORIA		1	10,000.00	4,000.00	160	2.35	25.00%
PASILLO	3		7,500.00	3,000.00	120	2.40	25.00%
<b>TERCER PISO</b>							
PASILLO		1	10,000.00	4,000.00	160	11.33	25.00%
PASILLO		4	40,000.00	16,000.00	640	20.08	25.00%
AULA 320		6	60,000.00	24,000.00	960	3.74	25.00%
AULA 321		6	60,000.00	24,000.00	960	3.21	25.00%
AULA 322		9	90,000.00	36,000.00	1,440	4.36	25.00%
AULA 323		9	90,000.00	36,000.00	1,440	4.70	25.00%
LABORATORIO 7		8	80,000.00	32,000.00	1,280	3.50	25.00%
BAÑO CABALLEROS		2	2,542.00	2,542.00	40	3.36	63.55%
BAÑO DAMAS		2	2,542.00	2,542.00	40	3.21	63.55%

CIVIL	22,024
ARQUITECTURA	20,373
<b>TOTAL (W)</b>	<b>42,397</b>

### Cálculo de potencia consumida del sistema actual

AMBIENTE	HORARIOS DE USO			HORAS DE USO POR DIA	POTENCIA CONSUMIDA POR HORARIOS (W)			POTENCIA CONSUMIDA DIARIA (C) W
	8:00-16:00	16:00-22:00	22:00-8:00		8:00-16:00	16:00-22:00	22:00-8:00	
<b>BLOQUE CIVIL</b>								
<b>PLANTA BAJA</b>								
PASILLO EXTERIOR	3	5	3	11	480	800	480	1,760
AULA 018	3	5	3	11	3,840	6,400	3,840	14,080
LABORATORIO HIDRAULICA	2	1	2	5	3,200	1,600	3,200	8,000
LABORATORIO SUELOS	2	1	2	5	2,560	1,280	2,560	6,400
BAÑO LABORATORIO SUELOS	1			1	20	-	-	20
LABORATORIO HORMIGON	2	1	2	5	2,560	1,280	2,560	6,400
INFORMACION	3	5	3	11	120	200	120	440
BAÑO CABALLEROS	3	5	3	11	120	200	120	440
HALL DE INGRESO	3	5	3	11	480	800	480	1,760
HALL DE INGRESO	3	5	3	11	120	200	120	440
ESCALERAS	3	5	3	11	120	200	120	440
<b>PRIMER PISO</b>								
SECRETARIA	7	2		9	1,680	480	-	2,160
DIRECCION DE CARRERA	8	6	2	16	1,280	960	320	2,560
SUBDECANATO	8	6	2	16	640	480	160	1,280
BAÑO SUBDECANATO	1			1	20	-	-	20
DECANATO	8	6	2	16	640	480	160	1,280

BAÑO DECANATO	1			1	20	-	-	20
AULA 126	3	5	3	11	1,920	3,200	1,920	7,040
AULA 127	3	5	3	11	1,920	3,200	1,920	7,040
AULA 125	3	5	3	11	3,840	6,400	3,840	14,080
LABORATORIO 16	2	1	2	5	1,280	640	1,280	3,200
BAÑO CABALLEROS	3	5	3	11	240	400	240	880
BAÑO DAMAS	3	5	3	11	240	400	240	880
PASILLOS	3	5	3	11	600	1,000	600	2,200
ESCALERAS	3	5	3	11	120	200	120	440
<b>SEGUNDO PISO</b>								
BODEGA	1			1	320	-	-	320
AULA 224	3	5	3	11	2,880	4,800	2,880	10,560
SALA TUTORIA	8	6	1	15	3,552	2,664	444	6,660
LABORATORIO TOPOGRAFIA	2	1	2	5	960	480	960	2,400
AULA 223	3	5	3	11	3,840	6,400	3,840	14,080
BAÑO CABALLEROS	3	5	3	11	240	400	240	880
BAÑO DAMAS	3	5	3	11	240	400	240	880
PASILLOS	3	5	3	11	480	800	480	1,760
PASILLOS	3	5	3	11	240	400	240	880
<b>TERCER PISO</b>								
PASILLOS	3	5	3	11	1,920	3,200	1,920	7,040
PASILLOS	3	5	3	11	1,920	3,200	1,920	7,040
AULA 331	3	5	3	11	2,880	4,800	2,880	10,560
AULA 332	3	5	3	11	7,200	12,000	7,200	26,400
AULA 329	3	5	3	11	7,200	12,000	7,200	26,400
AULA 330	3	5	3	11	2,880	4,800	2,880	10,560

<b>BLOQUE ARQUITECTURA</b>								
<b>PLANTA BAJA</b>								
PASILLO EXTERIOR	5	6	3	14	800	960	480	2,240
AULA 014	5	6	3	14	4,800	5,760	2,880	13,440
AULA 013	5	5	3	13	4,800	4,800	2,880	12,480
AULA 012	5	5	3	13	3,200	3,200	1,920	8,320
DIRECCION DE CARRERA	8	6	1	15	2,664	1,998	333	4,995
BAÑO DIRECCION DE CARRERA	1			1	20	-	-	20
BAÑO CABALLEROS	5	6	3	14	150	180	90	420
BAÑO DAMAS	5	6	3	14	150	180	90	420
HALL DE INGRESO	5	6	3	14	400	480	240	1,120
HALL DE INGRESO	5	6	3	14	800	960	480	2,240
ESCALERAS	5	6	3	14	200	240	120	560
<b>PRIMER PISO</b>								
AULA 116	5	6	3	14	4,800	5,760	2,880	13,440
AULA 117	5	6	3	14	4,800	5,760	2,880	13,440
AULA 118	5	6	3	14	3,200	3,840	1,920	8,960
AULA 119	5	6	3	14	4,800	5,760	2,880	13,440
AULA 120	5	6	3	14	4,800	5,760	2,880	13,440
BAÑO CABALLEROS	5	6	3	14	100	120	60	280
BAÑO DAMAS	5	6	3	14	100	120	60	280
SALA TUTORIA	8	6	1	15	1,280	960	160	2,400
PASILLOS	5	6	3	14	600	720	360	1,680
ESCALERAS	5	6	3	14	200	240	120	560
<b>SEGUNDO PISO</b>								
AULA 214	5	6	3	14	4,800	5,760	2,880	13,440

AULA 215	5	6	3	14	4,800	5,760	2,880	13,440
LABORATORIO 8	5	6	3	14	4,800	5,760	2,880	13,440
AULA 216	5	6	3	14	4,800	5,760	2,880	13,440
AULA 217	5	6	3	14	4,800	5,760	2,880	13,440
BAÑO CABALLEROS	5	6	3	14	200	240	120	560
BAÑO DAMAS	5	6	3	14	200	240	120	560
SALA TUTORIA	8	6	1	15	1,280	960	160	2,400
PASILLO	5	6	3	14	600	720	360	1,680
<b>TERCER PISO</b>								
PASILLO	5	6	3	14	800	960	480	2,240
PASILLO	5	6	3	14	3,200	3,840	1,920	8,960
AULA 320	5	6	3	14	4,800	5,760	2,880	13,440
AULA 321	5	6	3	14	4,800	5,760	2,880	13,440
AULA 322	5	6	3	14	7,200	8,640	4,320	20,160
AULA 323	5	6	3	14	7,200	8,640	4,320	20,160
LABORATORIO 7	2	1	2	5	2,560	1,280	2,560	6,400
BAÑO CABALLEROS	5	6	3	14	200	240	120	560
BAÑO DAMAS	5	6	3	14	200	240	120	560
	CIVIL			9.34	64,812	87,144	57,724	209,680
	ARQUITECTURA			13.48	99,904	114,118	58,473	272,495
	<b>TOTAL</b>				<b>164,716</b>	<b>201,262</b>	<b>116,197</b>	<b>482,175</b>

<b>KV/MES</b>	
CIVIL	4,194
ARQUITECTURA	5,450
<b>TOTAL</b>	<b>9,644</b>

### Nuevo cálculo de luminotecnia por medio del método de lúmenes

AMBIENTE	ANCHO DE SUPERFICIE	LARGO DE SUPERFICIE	ALTURA	ALTURA PLANO DE TRABAJO	ALTURA FINAL	LUMINANCIA MEDIA MANTENIDA	AREA m2	INDICE DEL LOCAL $k = \frac{a * b}{h * (a + b)}$	COEFICIENTE DE UTILIZACION	COEFICIENTE DE MANTENIMIENTO	NUEVO FLUJO LUMINOSO $\Phi_T = \frac{E_m * S}{C_u * C_m}$
	a	b	H	h'	h	$E_m$	S	k	$C_u$	$C_m$	lux
<b>BLOQUE CIVIL</b>											
<b>PLANTA BAJA</b>											
PASILLO EXTERIOR	33.36	3.38	2.60		2.60	100	112.76	1.2	0.96	0.8	14,681.88
AULA 018	11.98	4.74	2.60	0.85	1.75	500	56.79	1.9	1.09	0.8	32,560.32
LABORATORIO HIDRAULICA	11.98	6.51	2.60	0.85	1.75	500	77.99	2.4	1.09	0.8	44,718.92
LABORATORIO SUELOS	11.95	6.72	2.60	0.85	1.75	500	80.30	2.5	1.09	0.8	46,045.87
BAÑO LABORATORIO SUELOS	1.04	2.26	2.60		2.60	150	2.35	0.3	0.78	0.8	565.00
LABORATORIO HORMIGON	11.95	4.54	2.60	0.85	1.75	500	54.25	1.9	1.09	0.8	31,108.37
INFORMACION	2.73	2.81	2.60	0.85	1.75	300	7.67	0.8	0.78	0.8	3,688.13
BAÑO CABALLEROS	2.81	5.06	2.60		2.60	150	14.22	0.7	0.78	0.8	3,417.93
HALL DE INGRESO	5.99	6.17	2.60		2.60	100	36.96	1.2	0.96	0.8	4,812.28
HALL DE INGRESO	2.87	3.33	2.60		2.60	100	9.56	0.6	0.78	0.8	1,531.59
HALL DE INGRESO	2.95	2.57	2.60		2.60	100	7.58	0.5	0.78	0.8	1,214.98
ESCALERAS	2.78	2.66	2.60		2.60	100	7.39	0.5	0.78	0.8	1,185.06

<b>PRIMER PISO</b>											
SECRETARIA	8.83	4.12	2.60	0.85	1.75	300	36.38	1.6	1.09	0.8	12,515.92
DIRECCION DE CARRERA	3.01	3.74	2.60	0.85	1.75	300	11.26	1	0.96	0.8	4,397.42
BAÑO SECRARIA	3.01	3.74	2.60	0.85	1.75	300	11.26	1	0.96	0.8	4,397.42
BAÑO DIRECCION DE CARRERA	3.01	3.74	2.60	0.85	1.75	300	11.26	1	0.96	0.8	4,397.42
SUBDECANATO	3.01	3.93	2.60	0.85	1.75	300	11.83	1	0.96	0.8	4,620.82
BAÑO SUBDECANATO	1.44	1.74	2.60		2.60	150	2.51	0.3	0.78	0.8	602.31
DECANATO	2.93	4.82	2.60	0.85	1.75	300	14.12	1	0.96	0.8	5,516.64
BAÑO DECANATO	1.42	1.74	2.60		2.60	150	2.47	0.3	0.78	0.8	593.94
AULA 126	8.95	4.97	2.60	0.85	1.75	500	44.48	1.8	1.09	0.8	25,505.45
AULA 127	8.86	4.97	2.60	0.85	1.75	500	44.03	1.8	1.09	0.8	25,248.97
AULA 125	11.91	4.61	2.60	0.85	1.75	500	54.91	1.9	1.09	0.8	31,482.28
LABORATORIO 16	8.80	6.68	2.60	0.85	1.75	500	58.78	2.2	1.09	0.8	33,706.42
BAÑO CABALLEROS	2.89	3.10	2.60		2.60	150	8.96	0.6	0.78	0.8	2,153.61
BAÑO DAMAS	2.87	1.52	2.60		2.60	150	4.36	0.4	0.78	0.8	1,048.65
PASILLOS	21.03	2.11	2.60		2.60	100	44.37	0.7	0.78	0.8	7,111.11
PASILLOS	2.62	2.06	2.60		2.60	100	5.40	0.4	0.78	0.8	864.94
ESCALERAS	2.78	2.66	2.60		2.60	100	7.39	0.5	0.78	0.8	1,185.06
<b>SEGUNDO PISO</b>											
BODEGA	5.86	4.61	2.60		2.60	300	27.01	1	0.96	0.8	10,552.58
AULA 224	6.00	11.40	2.60	0.85	1.75	500	68.40	2.2	1.09	0.8	39,220.18
SALA TUTORIA	8.87	5.04	2.60	0.85	1.75	500	44.70	1.8	1.09	0.8	25,633.49
LABORATORIO TOPOGRAFIA	8.84	5.04	2.60	0.85	1.75	500	44.55	1.8	1.09	0.8	25,546.79
AULA 223	8.93	11.40	2.60	0.85	1.75	500	101.80	2.9	1.16	0.8	54,850.22
BAÑO CABALLEROS	2.86	3.10	2.60		2.60	150	8.87	0.6	0.78	0.8	2,131.25
BAÑO DAMAS	2.84	3.13	2.60		2.60	150	8.89	0.6	0.78	0.8	2,136.83
PASILLOS	17.86	2.14	2.60		2.60	100	38.22	0.7	0.78	0.8	6,125.06

PASILLOS	2.87	4.72	2.60		2.60	100	13.55	0.7	0.78	0.8	2,170.90
<b>TERCER PISO</b>											
PASILLOS	14.87	2.00	2.60		2.60	100	29.74	0.7	0.78	0.8	4,766.03
PASILLOS	2.87	9.40	2.60		2.60	100	26.98	0.8	0.78	0.8	4,323.40
AULA 331	5.87	9.28	2.60	0.85	1.75	500	54.47	2.1	1.09	0.8	31,234.86
AULA 332	8.97	11.43	2.60	0.85	1.75	500	102.53	2.9	1.16	0.8	55,240.89
AULA 329	8.93	11.40	2.60	0.85	1.75	500	101.80	2.9	1.16	0.8	54,850.22
AULA 330	5.83	9.28	2.60	0.85	1.75	500	54.10	2	1.09	0.8	31,022.02
<b>BLOQUE ARQUITECTURA</b>											
<b>PLANTA BAJA</b>											
PASILLO EXTERIOR	23.86	3.24	2.60		2.60	100	77.31	1.1	0.96	0.8	10,065.94
AULA 014	6.50	9.37	2.60	0.85	1.75	500	60.91	2.2	1.09	0.8	34,922.59
AULA 013	10.06	6.96	2.60	0.85	1.75	500	70.02	2.4	1.09	0.8	40,147.71
AULA 012	6.28	6.96	2.60	0.85	1.75	500	43.71	1.9	1.09	0.8	25,062.39
DIRECCION DE CARRERA	4.11	6.96	2.60	0.85	1.75	300	28.61	1.5	1.09	0.8	9,841.38
BAÑO DIRECCION DE CARRERA	1.26	1.70	2.60		2.60	150	2.14	0.3	0.78	0.8	514.90
BAÑO CABALLEROS	1.74	4.26	2.60		2.60	150	7.41	0.5	0.78	0.8	1,781.83
BAÑO DAMAS	1.72	4.26	2.60		2.60	150	7.33	0.5	0.78	0.8	1,761.35
HALL DE INGRESO	2.97	4.85	2.60		2.60	100	14.40	0.7	0.78	0.8	2,308.41
HALL DE INGRESO	12.23	4.75	2.60		2.60	100	58.09	1.3	0.96	0.8	7,564.13
ESCALERAS	2.93	3.04	2.60		2.60	100	8.91	0.6	0.78	0.8	1,427.44
<b>PRIMER PISO</b>											
AULA 116	6.64	9.37	2.60	0.85	1.75	500	62.22	2.2	1.09	0.8	35,674.77
AULA 117	10.12	6.96	2.60	0.85	1.75	500	70.44	2.4	1.09	0.8	40,387.16
AULA 118	6.55	6.96	2.60	0.85	1.75	500	45.59	1.9	1.09	0.8	26,139.91
AULA 119	6.53	8.81	2.60	0.85	1.75	500	57.53	2.1	1.09	0.8	32,986.98
AULA 120	6.53	7.58	2.60	0.85	1.75	500	49.50	2	1.09	0.8	28,381.54

BAÑO CABALLEROS	1.74	4.31	2.60		2.60	150	7.50	0.5	0.78	0.8	1,802.74
BAÑO DAMAS	1.72	4.31	2.60		2.60	150	7.41	0.5	0.78	0.8	1,782.02
SALA TUTORIA	2.97	4.53	2.60	0.85	1.75	500	13.45	1	0.96	0.8	8,759.18
PASILLOS	9.94	4.94	2.60		2.60	100	49.10	1.3	0.96	0.8	6,393.70
ESCALERAS	2.93	3.04	2.60		2.60	100	8.91	0.6	0.78	0.8	1,427.44
<b>SEGUNDO PISO</b>											
AULA 214	5.77	7.59	2.60	0.85	1.75	500	43.79	1.9	1.09	0.8	25,111.41
AULA 215	6.76	8.78	2.60	0.85	1.75	500	59.35	2.2	1.09	0.8	34,032.57
LABORATORIO 8	9.87	6.96	2.60	0.85	1.75	500	68.70	2.3	1.09	0.8	39,389.45
AULA 216	6.53	8.81	2.60	0.85	1.75	500	57.53	2.1	1.09	0.8	32,986.98
AULA 217	6.53	7.56	2.60	0.85	1.75	500	49.37	2	1.09	0.8	28,306.65
BAÑO CABALLEROS	1.68	4.24	2.60		2.60	150	7.12	0.5	0.78	0.8	1,712.31
BAÑO DAMAS	1.76	4.24	2.60		2.60	150	7.46	0.5	0.78	0.8	1,793.85
SALA TUTORIA	3.00	4.53	2.60	0.85	1.75	500	13.59	1	0.96	0.8	8,847.66
PASILLO	9.94	5.04	2.60		2.60	100	50.10	1.3	0.96	0.8	6,523.13
<b>TERCER PISO</b>											
PASILLO	2.93	4.82	2.60		2.60	100	14.12	0.7	0.78	0.8	2,263.24
PASILLO	6.56	4.86	2.60		2.60	100	31.88	1.1	0.96	0.8	4,151.25
PASILLO	3.08	2.20	2.60		2.60	100	6.78	0.5	0.78	0.8	1,085.90
AULA 320	6.76	7.59	2.60	0.85	1.75	500	51.31	2	1.09	0.8	29,419.95
AULA 321	6.81	8.78	2.60	0.85	1.75	500	59.79	2.2	1.09	0.8	34,284.29
AULA 322	9.64	6.86	2.60	0.85	1.75	500	66.13	2.3	1.09	0.8	37,918.81
AULA 323	6.82	8.99	2.60	0.85	1.75	500	61.31	2.2	1.09	0.8	35,155.85
LABORATORIO 7	9.90	7.38	2.60	0.85	1.75	500	73.06	2.4	1.09	0.8	41,893.35
BAÑO CABALLEROS	1.68	4.72	2.60		2.60	150	7.93	0.5	0.78	0.8	1,906.15
BAÑO DAMAS	1.76	4.72	2.60		2.60	150	8.31	0.5	0.78	0.8	1,996.92

### Propuesta de nuevas luminarias

AMBIENTE	NUEVO FLUJO LUMINOSO	EMPO TRABLE 18x18 < 120	SOBRE PUESTA 20X20 < 110	PANEL LED 60X60 < 120	PANEL LED 120X30 < 120	POTENCIA INSTALADA (B)	VEEI	VEEI %
	$\Phi_T = \frac{E_m * S}{C_u * C_m}$	840	1,050	4,000	6,000	W	MAXIMO 6	> 60%
	lux	12	15	40	60			
<b>BLOQUE CIVIL</b>								
<b>PLANTA BAJA</b>								
PASILLO EXTERIOR	14,681.88		14			210	1.86	69.91%
AULA 018	32,560.32			8		320	1.13	101.75%
LABORATORIO HIDRAULICA	44,718.92			12		480	1.23	93.16%
LABORATORIO SUELOS	46,045.87			12		480	1.20	95.93%
BAÑO LABORATORIO SUELOS	565.00	1				12	3.40	47.08%
LABORATORIO HORMIGON	31,108.37			8		320	1.18	97.21%
INFORMACION	3,688.13			1		40	1.74	92.20%
BAÑO CABALLEROS	3,417.93	7				84	3.94	40.69%
HALL DE INGRESO	4,812.28		6			90	2.44	53.47%
HALL DE INGRESO	1,531.59		1			15	1.57	102.11%
HALL DE INGRESO	1,214.98		1			15	1.98	81.00%
ESCALERAS	1,185.06	2				24	3.25	49.38%
<b>PRIMER PISO</b>								
SECRETARIA	12,515.92		12			180	1.65	69.53%
DIRECCION DE CARRERA	4,397.42		4			60	1.78	73.29%
BAÑO SECRARIA	4,397.42		4			60	1.78	73.29%
BAÑO DIRECCION DE CARRERA	4,397.42		4			60	1.78	73.29%
SUBDECANATO	4,620.82		4			60	1.69	77.01%

BAÑO SUBDECANATO	602.31	1		12	3.19	50.19%
DECANATO	5,516.64		6	90	2.12	61.30%
BAÑO DECANATO	593.94	1		12	3.24	49.50%
AULA 126	25,505.45		8	320	1.44	79.70%
AULA 127	25,248.97		8	320	1.45	78.90%
AULA 125	31,482.28		8	320	1.17	98.38%
LABORATORIO 16	33,706.42		9	360	1.22	93.63%
BAÑO CABALLEROS	2,153.61	5		60	4.46	35.89%
BAÑO DAMAS	1,048.65	2		24	3.67	43.69%
PASILLOS	7,111.11		7	105	2.37	67.72%
PASILLOS	864.94		1	15	2.78	57.66%
ESCALERAS	1,185.06	2		24	3.25	49.38%
<b>SEGUNDO PISO</b>						
BODEGA	10,552.58		4	160	1.97	65.95%
AULA 224	39,220.18		10	400	1.17	98.05%
SALA TUTORIA	25,633.49		8	320	1.43	80.10%
LABORATORIO TOPOGRAFIA	25,546.79		8	320	1.44	79.83%
AULA 223	54,850.22		15	600	1.18	91.42%
BAÑO CABALLEROS	2,131.25	5		60	4.51	35.52%
BAÑO DAMAS	2,136.83	5		60	4.50	35.61%
PASILLOS	6,125.06		6	90	2.35	68.06%
PASILLOS	2,170.90		3	45	3.32	48.24%
<b>TERCER PISO</b>						
PASILLOS	4,766.03		5	75	2.52	63.55%
PASILLOS	4,323.40		5	75	2.78	57.65%
AULA 331	31,234.86		8	320	1.17	97.61%

AULA 332	55,240.89		15	600	1.17	92.07%
AULA 329	54,850.22		15	600	1.18	91.42%
AULA 330	31,022.02		8	320	1.18	96.94%
<b>BLOQUE ARQUITECTURA</b>						
<b>PLANTA BAJA</b>						
PASILLO EXTERIOR	10,065.94		10	150	1.94	67.11%
AULA 014	34,922.59		10	400	1.31	87.31%
AULA 013	40,147.71		10	400	1.14	100.37%
AULA 012	25,062.39		6	240	1.10	104.43%
DIRECCION DE CARRERA	9,841.38		10	150	1.75	65.61%
BAÑO DIRECCION DE CARRERA	514.90	1		12	3.74	42.91%
BAÑO CABALLEROS	1,781.83	3		36	3.24	49.50%
BAÑO DAMAS	1,761.35	3		36	3.27	48.93%
HALL DE INGRESO	2,308.41		3	45	3.13	51.30%
HALL DE INGRESO	7,564.13		9	135	2.32	56.03%
ESCALERAS	1,427.44	2		24	2.69	59.48%
<b>PRIMER PISO</b>						
AULA 116	35,674.77		10	400	1.29	89.19%
AULA 117	40,387.16		12	480	1.36	84.14%
AULA 118	26,139.91		8	320	1.40	81.69%
AULA 119	32,986.98		10	400	1.39	82.47%
AULA 120	28,381.54		8	320	1.29	88.69%
BAÑO CABALLEROS	1,802.74	3		36	3.20	50.08%
BAÑO DAMAS	1,782.02	3		36	3.24	49.50%
SALA TUTORIA	8,759.18		4	160	2.38	54.74%
PASILLOS	6,393.70		8	120	2.44	53.28%

ESCALERAS	1,427.44	2		24	2.69	59.48%
<b>SEGUNDO PISO</b>						
AULA 214	25,111.41		8	320	1.46	78.47%
AULA 215	34,032.57		10	400	1.35	85.08%
LABORATORIO 8	39,389.45		10	400	1.16	98.47%
AULA 216	32,986.98		10	400	1.39	82.47%
AULA 217	28,306.65		8	320	1.30	88.46%
BAÑO CABALLEROS	1,712.31	3		36	3.37	47.56%
BAÑO DAMAS	1,793.85	3		36	3.22	49.83%
SALA TUTORIA	8,847.66		4	160	2.35	55.30%
PASILLO	6,523.13		8	120	2.40	54.36%
<b>TERCER PISO</b>						
PASILLO	2,263.24		4	60	4.25	37.72%
PASILLO	4,151.25		4	60	1.88	69.19%
PASILLO	1,085.90		1	15	2.21	72.39%
AULA 320	29,419.95		8	320	1.25	91.94%
AULA 321	34,284.29		10	400	1.34	85.71%
AULA 322	37,918.81		10	400	1.21	94.80%
AULA 323	35,155.85		10	400	1.30	87.89%
LABORATORIO 7	41,893.35		12	480	1.31	87.28%
BAÑO CABALLEROS	1,906.15	3		36	3.03	52.95%
BAÑO DAMAS	1,996.92	3		36	2.89	55.47%

CIVIL	<b>8,217</b>
ARQUITECTURA	<b>8,323</b>
<b>TOTAL (W)</b>	<b>16,540</b>

### Cálculo de potencia consumida del sistema propuesto – Luces LED

AMBIENTE	HORARIOS DE USO			HORAS DE USO POR DIA	POTENCIA CONSUMIDA POR HORARIOS (W)			POTENCIA CONSUMIDA DIARIA (D)
	8:00-16:00	16:00-22:00	22:00-8:00		8:00-16:00	16:00-22:00	22:00-8:00	
<b>BLOQUE CIVIL</b>								
<b>PLANTA BAJA</b>								
PASILLO EXTERIOR	2	5	3	10	420	1,050	630	2,100
AULA 018	3	4	2	9	960	1,280	640	2,880
LABORATORIO HIDRAULICA	2	2	2	6	960	960	960	2,880
LABORATORIO SUELOS	2	2	2	6	960	960	960	2,880
BAÑO LABORATORIO SUELOS	1	1		1	6	6	-	12
LABORATORIO HORMIGON	2	2	2	6	640	640	640	1,920
INFORMACION	5	5		10	200	200	-	400
BAÑO CABALLEROS	3	5	1	9	252	420	84	756
HALL DE INGRESO	3	5	3	11	270	450	270	990
HALL DE INGRESO	3	5	3	11	45	75	45	165
HALL DE INGRESO	3	5	3	11	45	75	45	165
ESCALERAS	3	5	3	11	72	120	72	264
<b>PRIMER PISO</b>								
SECRETARIA	8	1		9	1,440	180	-	1,620
DIRECCION DE CARRERA	6	6	1	13	360	360	60	780
BAÑO SECRATARIA	1	1		1	30	30	-	60
BAÑO DIRECCION DE CARRERA	1	1		1	30	30	-	60
SUBDECANATO	6	6	1	13	360	360	60	780
BAÑO SUBDECANATO	1	1		1	6	6	-	12

DECANATO	6	6	1	13	540	540	90	1,170
BAÑO DECANATO	1	1		1	6	6	-	12
AULA 126	3	4	2	9	960	1,280	640	2,880
AULA 127	3	4	2	9	960	1,280	640	2,880
AULA 125	3	4	2	9	960	1,280	640	2,880
LABORATORIO 16	2	4	2	8	720	1,440	720	2,880
BAÑO CABALLEROS	3	5	1	9	180	300	60	540
BAÑO DAMAS	3	5	1	9	72	120	24	216
PASILLOS	3	5	3	11	315	525	315	1,155
PASILLOS	3	5	3	11	45	75	45	165
ESCALERAS	3	5	3	11	72	120	72	264
<b>SEGUNDO PISO</b>								
BODEGA	1	1		1	80	80	-	160
AULA 224	3	4	2	9	1,200	1,600	800	3,600
SALA TUTORIA	6	4	1	11	1,920	1,280	320	3,520
LABORATORIO TOPOGRAFIA	2	2	2	6	640	640	640	1,920
AULA 223	3	4	2	9	1,800	2,400	1,200	5,400
BAÑO CABALLEROS	3	5	1	9	180	300	60	540
BAÑO DAMAS	3	5	1	9	180	300	60	540
PASILLOS	3	5	3	11	270	450	270	990
PASILLOS	3	5	3	11	135	225	135	495
<b>TERCER PISO</b>								
PASILLOS	3	5	3	11	225	375	225	825
PASILLOS	3	5	3	11	225	375	225	825
AULA 331	3	4	2	9	960	1,280	640	2,880
AULA 332	3	4	2	9	1,800	2,400	1,200	5,400
AULA 329	3	4	2	9	1,800	2,400	1,200	5,400
AULA 330	3	4	2	9	960	1,280	640	2,880

<b>BLOQUE ARQUITECTURA</b>									
<b>PLANTA BAJA</b>									
PASILLO EXTERIOR	2	5	3	10	300	750	450	1,500	
AULA 014	5	6	2	13	2,000	2,400	800	5,200	
AULA 013	5	6	2	13	2,000	2,400	800	5,200	
AULA 012	5	6	2	13	1,200	1,440	480	3,120	
DIRECCION DE CARRERA	6	6	1	13	900	900	150	1,950	
BAÑO DIRECCION DE CARRERA	1	1		1	6	6	-	12	
BAÑO CABALLEROS	5	6	1	12	180	216	36	432	
BAÑO DAMAS	5	6	1	12	180	216	36	432	
HALL DE INGRESO	3	5	3	11	135	225	135	495	
HALL DE INGRESO	3	5	3	11	405	675	405	1,485	
ESCALERAS	5	6	3	14	120	144	72	336	
<b>PRIMER PISO</b>									
AULA 116	5	6	2	13	2,000	2,400	800	5,200	
AULA 117	5	6	2	13	2,400	2,880	960	6,240	
AULA 118	5	6	2	13	1,600	1,920	640	4,160	
AULA 119	5	6	2	13	2,000	2,400	800	5,200	
AULA 120	5	6	2	13	1,600	1,920	640	4,160	
BAÑO CABALLEROS	5	6	1	12	180	216	36	432	
BAÑO DAMAS	5	6	1	12	180	216	36	432	
SALA TUTORIA	6	4	1	11	960	640	160	1,760	
PASILLOS	5	6	3	14	600	720	360	1,680	
ESCALERAS	5	6	3	14	120	144	72	336	
<b>SEGUNDO PISO</b>									
AULA 214	5	6	2	13	1,600	1,920	640	4,160	
AULA 215	5	6	2	13	2,000	2,400	800	5,200	
LABORATORIO 8	4	5	2	11	1,600	2,000	800	4,400	

AULA 216	5	6	2	13	2,000	2,400	800	5,200
AULA 217	5	6	2	13	1,600	1,920	640	4,160
BAÑO CABALLEROS	5	6	1	12	180	216	36	432
BAÑO DAMAS	5	6	1	12	180	216	36	432
SALA TUTORIA	6	4	1	11	960	640	160	1,760
PASILLO	5	6	3	14	600	720	360	1,680
<b>TERCER PISO</b>								
PASILLO	5	6	3	14	300	360	180	840
PASILLO	5	6	3	14	300	360	180	840
PASILLO	5	6	3	14	75	90	45	210
AULA 320	5	6	2	13	1,600	1,920	640	4,160
AULA 321	5	6	2	13	2,000	2,400	800	5,200
AULA 322	5	6	2	13	2,000	2,400	800	5,200
AULA 323	5	6	2	13	2,000	2,400	800	5,200
LABORATORIO 7	4	5	2	11	1,920	2,400	960	5,280
BAÑO CABALLEROS	5	6	1	12	180	216	36	432
BAÑO DAMAS	5	6	1	12	180	216	36	432
	CIVIL			8.48	24,261	29,553	15,327	69,141
	ARQUITECTURA			12.30	40,341	48,022	16,617	104,980
	<b>TOTAL</b>				<b>64,602</b>	<b>77,575</b>	<b>31,944</b>	<b>174,121</b>

<b>KV/MES</b>	
CIVIL	1,383
ARQUITECTURA	2,100
<b>TOTAL</b>	<b>3,482</b>

### Diferencias entre potencias del sistema actual y nuevo diseño de luminotecnia

AMBIENTE	ACTUAL	PROPUESTA	DIFERENCIA DE POTENCIAS INSTALADAS (A-B)	ACTUAL	PROPUESTA	DIFERENCIA DE POTENCIAS CONSUMIDAS (C-D)
	POTENCIA INSTALADA (A)	POTENCIA INSTALADA (B)		POTENCIA CONSUMIDA DIARIA (C)	POTENCIA CONSUMIDA DIARIA (D)	
	W	W	W	W	W	W
<b>BLOQUE CIVIL</b>						
<b>PLANTA BAJA</b>						
PASILLO EXTERIOR	160	210	(50)	1,760	2,100	(340)
AULA 018	1,280	320	960	14,080	2,880	11,200
LABORATORIO HIDRAULICA	1,600	480	1,120	8,000	2,880	5,120
LABORATORIO SUELOS	1,280	480	800	6,400	2,880	3,520
BAÑO LABORATORIO SUELOS	20	12	8	20	12	8
LABORATORIO HORMIGON	1,280	320	960	6,400	1,920	4,480
INFORMACION	40	40	-	440	400	40
BAÑO CABALLEROS	40	84	(44)	440	756	(316)
HALL DE INGRESO	160	90	70	1,760	990	770
HALL DE INGRESO	40	15	25	440	165	275
HALL DE INGRESO	-	15	(15)	-	165	(165)
ESCALERAS	40	24	16	440	264	176
<b>PRIMER PISO</b>						
SECRETARIA	240	180	60	2,160	1,620	540
DIRECCION DE CARRERA	160	60	100	2,560	780	1,780
BAÑO SECRATARIA		60	(60)	-	60	(60)
BAÑO DIRECCION DE CARRERA		60	(60)	-	60	(60)
SUBDECANATO	80	60	20	1,280	780	500

BAÑO SUBDECANATO	20	12	8	20	12	8
DECANATO	80	90	(10)	1,280	1,170	110
BAÑO DECANATO	20	12	8	20	12	8
AULA 126	640	320	320	7,040	2,880	4,160
AULA 127	640	320	320	7,040	2,880	4,160
AULA 125	1,280	320	960	14,080	2,880	11,200
LABORATORIO 16	640	360	280	3,200	2,880	320
BAÑO CABALLEROS	80	60	20	880	540	340
BAÑO DAMAS	80	24	56	880	216	664
PASILLOS	200	105	95	2,200	1,155	1,045
PASILLOS	-	15	(15)	-	165	(165)
ESCALERAS	40	24	16	440	264	176
<b>SEGUNDO PISO</b>			-			-
BODEGA	320	160	160	320	160	160
AULA 224	960	400	560	10,560	3,600	6,960
SALA TUTORIA	444	320	124	6,660	3,520	3,140
LABORATORIO TOPOGRAFIA	480	320	160	2,400	1,920	480
AULA 223	1,280	600	680	14,080	5,400	8,680
BAÑO CABALLEROS	80	60	20	880	540	340
BAÑO DAMAS	80	60	20	880	540	340
PASILLOS	160	90	70	1,760	990	770
PASILLOS	80	45	35	880	495	385
<b>TERCER PISO</b>			-			-
PASILLOS	640	75	565	7,040	825	6,215
PASILLOS	640	75	565	7,040	825	6,215
AULA 331	960	320	640	10,560	2,880	7,680

AULA 332	2,400	600	1,800	26,400	5,400	21,000
AULA 329	2,400	600	1,800	26,400	5,400	21,000
AULA 330	960	320	640	10,560	2,880	7,680
<b>BLOQUE ARQUITECTURA</b>			-			-
<b>PLANTA BAJA</b>			-			-
PASILLO EXTERIOR	160	150	10	2,240	1,500	740
AULA 014	960	400	560	13,440	5,200	8,240
AULA 013	960	400	560	12,480	5,200	7,280
AULA 012	640	240	400	8,320	3,120	5,200
DIRECCION DE CARRERA	333	150	183	4,995	1,950	3,045
BAÑO DIRECCION DE CARRERA	20	12	8	20	12	8
BAÑO CABALLEROS	30	36	(6)	420	432	(12)
BAÑO DAMAS	30	36	(6)	420	432	(12)
HALL DE INGRESO	80	45	35	1,120	495	625
HALL DE INGRESO	160	135	25	2,240	1,485	755
ESCALERAS	40	24	16	560	336	224
<b>PRIMER PISO</b>			-			-
AULA 116	960	400	560	13,440	5,200	8,240
AULA 117	960	480	480	13,440	6,240	7,200
AULA 118	640	320	320	8,960	4,160	4,800
AULA 119	960	400	560	13,440	5,200	8,240
AULA 120	960	320	640	13,440	4,160	9,280
BAÑO CABALLEROS	20	36	(16)	280	432	(152)
BAÑO DAMAS	20	36	(16)	280	432	(152)
SALA TUTORIA	160	160	-	2,400	1,760	640
PASILLOS	120	120	-	1,680	1,680	-

ESCALERAS	40	24	16	560	336	224
<b>SEGUNDO PISO</b>			-			-
AULA 214	960	320	640	13,440	4,160	9,280
AULA 215	960	400	560	13,440	5,200	8,240
LABORATORIO 8	960	400	560	13,440	4,400	9,040
AULA 216	960	400	560	13,440	5,200	8,240
AULA 217	960	320	640	13,440	4,160	9,280
BAÑO CABALLEROS	40	36	4	560	432	128
BAÑO DAMAS	40	36	4	560	432	128
SALA TUTORIA	160	160	-	2,400	1,760	640
PASILLO	120	120	-	1,680	1,680	-
<b>TERCER PISO</b>			-			-
PASILLO	160	60	100	2,240	840	1,400
PASILLO	640	60	580	8,960	840	8,120
PASILLO	-	15	(15)	-	210	(210)
AULA 320	960	320	640	13,440	4,160	9,280
AULA 321	960	400	560	13,440	5,200	8,240
AULA 322	1,440	400	1,040	20,160	5,200	14,960
AULA 323	1,440	400	1,040	20,160	5,200	14,960
LABORATORIO 7	1,280	480	800	6,400	5,280	1,120
BAÑO CABALLEROS	40	36	4	560	432	128
BAÑO DAMAS	40	36	4	560	432	128
<b>CIVIL</b>	<b>22,024</b>	<b>8,217</b>	<b>13,807</b>	<b>209,680</b>	<b>69,141</b>	<b>140,539</b>
<b>ARQUITECTURA</b>	<b>20,373</b>	<b>8,323</b>	<b>12,050</b>	<b>272,495</b>	<b>104,980</b>	<b>167,515</b>
<b>TOTAL</b>	<b>42,397</b>	<b>16,540</b>	<b>25,857</b>	<b>482,175</b>	<b>174,121</b>	<b>308,054</b>