

**MEMORIA TÉCNICA DEL PROYECTO TITULADO:**

**LED:**  
**Potencialidades del efecto  
piezoeléctrico.**

Equipo: Térmico

*que presentan:*

**Gómez Salinas María Fernanda (LII)**

**Rosales Hernández Sofía (LII)**

**Nieto González Francisco Javier (LIM)**

**Pérez Mendoza Marco Antonio (LIM)**

**Velázquez Lara Aldo (LIM)**

**Estudiantes de 3° semestre de la carrera de Ingeniería Industrial e Ingeniería en Mecatrónica de la Universidad Mondragón México, como parte del proceso de Evaluación del Proyecto Fin de Semestre.**

El Marqués, Querétaro, a noviembre de 2019.

# Índice

Resumen	2
1. Introducción	3
2. Propuesta de trabajo	4
3. Diagnóstico y justificación	5
4. Ideación y desarrollo conceptual	9
5. Memoria descriptiva	12
6. Plan de fabricación	13
7. Lista de piezas, materiales y herramientas	15
8. Planos	18
9. Cálculos técnicos	19
10. Presupuesto	28
11. Pruebas	29
12. Problemas encontrados y solución adoptada	30
13. Resultados y conclusiones	31
13.1 Conclusiones individuales sobre el resultado social de la aplicación del PFS	33
14. Valoración del proyecto	38
15. Anexos	39

*Sobre las normas APA: en este documento sólo se utilizarán las normas APA para referencias y citación. La parte de interlineado, sangría, márgenes y letra no se tomará en cuenta.*

## **Resumen**

Se presenta el análisis, justificación, objetivo y proceso de creación de LED, un dispositivo basado en el efecto piezoeléctrico que busca aumentar el sentimiento de seguridad de los habitantes de la comunidad La Cueva, mediante la implementación de focos LED a modo de luminarias que serán alimentados por piezoeléctricos.

Así mismo en este documento, se describen las técnicas y metodología utilizadas para la ideación y conceptualización de nuestro producto final. Además de los diversos cálculos ocupados para entender el alcance del proyecto y su desempeño bajo distintos escenarios. Para lo cual se hará uso principalmente de los temas de la materia de termodinámica -producción, disipación, manejo e intercambio de energía- así como de los conocimientos de las materias de química, mecánica de fluidos, ingeniería de fabricación y programación.

## **Abstract**

The present technical report contains the analysis, justification, objective and creative process of LED, a device that seeks to increase the feeling of security of the population of La Cueva community, by implementing led street lights that will be powered by piezoelectric.

Likewise, in this document, the techniques and methodology used for the ideation process and conceptualization of our final product, are described in detail. In addition to the various calculations used to understand the scope of the project and its performance under different scenarios. By mainly using the thermodynamics -production, dissipation, management and exchange of energy- as well as knowledge of the subjects of chemistry, fluid mechanics, manufacturing engineering and programming.

# 1. Introducción

LED es una alternativa para generar energía, la cual está destinada a proveer energía lumínica en ciertas secciones de la comunidad La Cueva. Esto para aumentar la sensación de seguridad de los ciudadanos y por ende, mejorar su calidad de vida. De acuerdo a un informe del Programa de Desarrollo de la ONU (PNUD) lanzado el 12 de noviembre del 2013, la inseguridad es un reto compartido y un obstáculo para el desarrollo social y económico en todos los países de América Latina.

Dentro de la comunidad existen varias áreas que quedan sin iluminación cuando el sol se oculta, (la distancia entre cada luminaria es de 230 metros) espacios que se prestan mucho para cometer delitos de cualquier índole. Con la implementación de nuestro proyecto estas áreas oscuras serán iluminadas con focos led, cuyo alcance será amplificado con la implementación de un lente. La pila que alimentará de energía estos focos se cargará con el efecto piezoeléctrico.

Aparte de reducir el sentimiento de inseguridad de los habitantes, LED podría disminuir los casos de delincuencia en la zona, ya que está demostrado que una buena planeación urbana (que abarca el tema de la iluminación pública) puede llegar a reducir alrededor del 40% este problema de delincuencia (Belmont, 2017). Mediante encuestas de satisfacción nosotros sabremos si la implementación de LED tuvo un impacto positivo en la comunidad y si disminuyó la inseguridad de los habitantes y los índices de delincuencia.

Todo esto será debidamente justificado más adelante con los diversos cálculos realizados y la información recabada a lo largo de este tercer semestre de Ingeniería Industrial e Ingeniería en Mecatrónica.

De igual manera, la presente memoria técnica busca informar con más detalle el proyecto LED; exponiendo la justificación de este, el proceso de ideación y la metodología utilizada en la ejecución. Asimismo, se proporcionará una memoria descriptiva para un mejor entendimiento de su funcionamiento, los planos y piezas requeridas para su creación, el presupuesto contemplado, el ensamble y las pruebas realizadas hasta conseguir el resultado final.

## 2. Propuesta de trabajo

La situación a la que nos enfrentamos es la de una comunidad con altos índices de criminalidad, con mucha inseguridad por parte de sus habitantes y con falta de un alumbrado público eficiente. A lo cual tras una amplia investigación, le decidimos dar una solución sencilla que está relacionada con el impacto que tiene una buena planeación urbana en las personas.

El proyecto LED tiene como objetivo principal el proponer una alternativa para generar energía, esto mediante la implementación de un conjunto de dispositivos piezoeléctricos. Sin embargo, el impacto social que este tiene se ve reflejado en la manera la energía producida es empleada; ya que esta se utiliza para alimentar una serie de focos del mismo nombre (los cuales cuentan con una batería de emergencia recargable).

Para el correcto desarrollo del proyecto hicimos uso de varios temas que se impartieron a lo largo del tercer semestre de las carreras de Ingeniería Industrial y de Ingeniería en Mecatrónica. De la materia líder, que en este caso fue Termodinámica, tomamos en cuenta varios factores para poder rediseñar el sistema de consumo energético que alimentó de energía eléctrica los focos led. Decidimos hacer provecho de la energía mecánica generada y transformada a energía eléctrica por el efecto piezoeléctrico. La cual, de acuerdo a nuestro sistema es almacenada en la batería que enciende los focos led.

De la materia de Ciencia, Tecnología y Química de los Materiales, rescatamos varios conceptos; los cuales nos ayudaron a decidir los materiales más adecuados para componer nuestro sistema. Consideramos propiedades mecánicas como: tenacidad, elasticidad, rigidez, y conductividad eléctrica; esto para asegurarnos que los materiales utilizados en la parte piezoeléctrica pudieran soportar grandes fuerzas como lo podrían ser las generadas por camionetas, carros y personas. Así como también deben de generar y conducir eficientemente electricidad para cargar la batería.

Con ayuda de Ingeniería de Fabricación fuimos capaces de identificar varios factores de la situación actual; y así delimitar de la mejor manera los objetivos y alcances del proyecto. Asimismo, llevamos un registro sobre como nuestro proyecto LED cambió la calidad de vida de las personas, el antes y el después de la implementación del proyecto. Además, identificamos las áreas de mejora y los riesgos conforme lo desarrollamos; uno de los riesgos más considerables que encontramos fue el de los altos niveles de delincuencia, ya que nuestro proyecto podría ser robado.

La materia de Mecánica de Fluidos nos ayudó al calcular la presión del aire, así como el comportamiento de los gases dentro del sistema piezoeléctrico. Igualmente, calculamos la presión ideal para que la energía mecánica pueda ser aprovechada y transformada en energía eléctrica, dando como resultado, un funcionamiento adecuado del sistema y de la lámpara.

Con los Principios de Programación implementamos un programa en el lenguaje C para controlar un sensor de movimiento, el cual está programado para que al enviar una señal, ésta regrese, provocando que el sistema reciba una alerta de que es necesario que se prendan los diodos led.

### 3. Diagnóstico y justificación

El proyecto está dirigido a los habitantes de la comunidad La Cueva (ubicada en el estado de Querétaro, en el municipio de Corregidora), los cuales, enfrentan un gran problema de delincuencia e inseguridad en la zona.

Tras una entrevista con el señor Luis García, quien es nuestro contacto con la comunidad y el beneficiario de nuestro proyecto, este nos reveló que ni las autoridades ni los cuerpos policiales están dispuestos a hacer frente a tales problemas de delincuencia, por el hecho de que la zona se considera muy peligrosa.

Así mismo, aplicamos una encuesta a 30 habitantes de La Cueva. Una de las preguntas de investigación indica que el mayor problema social al que se enfrenta la comunidad es la drogadicción, con un porcentaje del 90%; seguido por el de robos (6.66%), y otros (peleas, 3.33%).

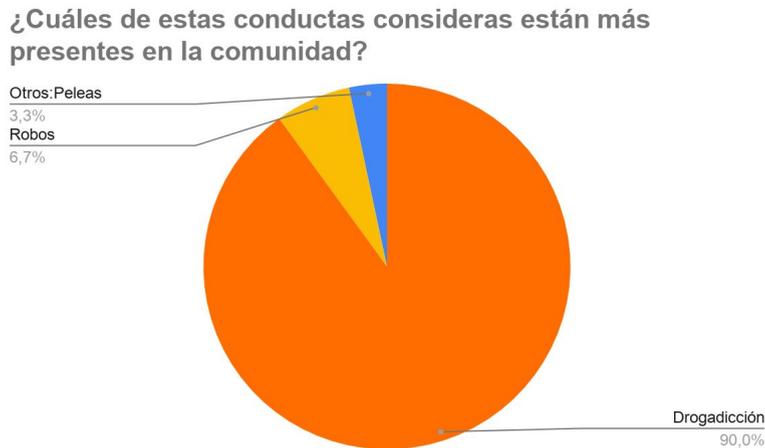


Gráfico 1. Fuente propia.

Evidencia previa sugiere que el 63.33% de los habitantes encuestados no consideran pertinente salir a cualquier hora de sus casas, indicando que después de las 20:00 horas ya no se sienten seguros.

Como podemos ver a continuación esta comunidad no cuenta con un alumbrado público apropiado para poder realizar actividades cuando la luz es escasa.



Imagen 1 y 2. Fuente propia.

Casos similares a los de la comunidad, han sido documentados en diferentes partes del mundo. A este problema de falta de seguridad social diversas organizaciones tanto públicas como privadas se han dado a la tarea de buscarles una solución viable. A lo cual varias han coincidido que parte de estos problemas llegan a presentar una mejora al contar con una mejor planeación urbana, sin embargo lo que más destacan es el impacto que tiene la implementación de un buen alumbrado público (llega a reducir un 40% la delincuencia). Algunos ejemplos en México de la aplicación de alumbrado para mejorar la seguridad son:



**Imagen 3.** Artículo del periódico digital La Verdad.

Becerril, R. (2019). Falta de alumbrado público preocupa a los vecinos de la SM 248. Recuperado el 26 de septiembre del 2019, del periódico en línea La Verdad:

<https://laverdadnoticias.com/quintanaroo/Falta-de-alumbrado-publico-preocupa-a-vecinos-de-la-SM-248-20190928-0086.html>

- Caso de Quintana Roo: "... no queremos que empiecen los asaltos o cualquier tipo de delito por vivir en la oscuridad, la verdad da miedo caminar sola en la noche si no hay luz. Las luminarias hace semanas que no encienden y queremos que las reparen para poder estar tranquilos y seguros..." Esta declaración fue rescatada del artículo anterior, fue dada por una señora inconforme con el servicio de iluminación. Esto demuestra que los habitantes consideran que se requiere un buen alumbrado público para mantener la paz dentro de su comunidad.



**Imagen 4.** Artículo del periódico digital El Mañana.

El Mañana (2019) Mejoran alumbrado público en Reynosa. Recuperado el 26 de septiembre del 2019, del periódico en línea El Mañana:

<https://www.elmanana.com/mejoran-alumbrado-publico-en-reynosa-gobierno-municipal-seguridad-iluminacion/4923795>

- Caso en Reynosa: Se hicieron mejoras y reparaciones en el alumbrado público. Lo que resalta de el artículo de El Mañana es el comentario siguiente: “donde hoy sus calles están más iluminadas, para una mayor seguridad de sus habitantes.” El cual nuevamente hace hincapié que los ciudadanos tienen mayor sentimiento de seguridad al transitar por una calle bien iluminada.



**Imagen 5.** Artículo del periódico digital El País

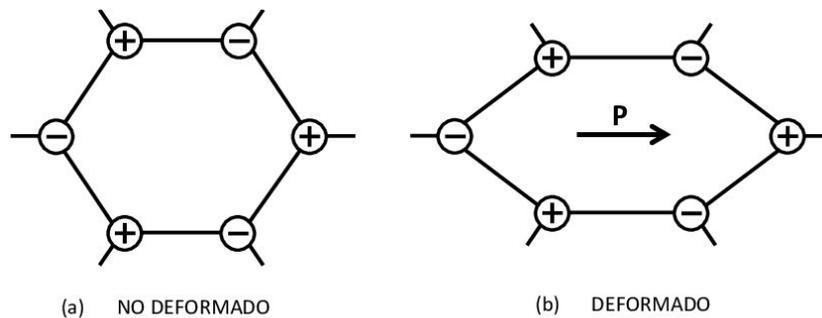
Belmont, J. (2017) *Un foco de luz que redujo el crimen en casi la mitad*. El País. Recuperado el 26 de septiembre del periódico en línea El País: [https://elpais.com/internacional/2017/07/04/america/1499183758\\_111581.html](https://elpais.com/internacional/2017/07/04/america/1499183758_111581.html)

- Caso de América Latina: “*El caso de Aguascalientes, México donde sustituyeron los bombillos de luz amarilla (mercurial) por luz blanca que tiene mayor poder de iluminación. Ese simple cambio, sumado a mejoras de parques y zonas de recreación, redujo en 42% el índice delictivo en las áreas en que se introdujeron los cambios.*” (Belmont, 2017). En este artículo también se mencionan los beneficios de utilizar focos led en la cuestión ambiental, ya que estos tienen un consumo del 40% de la electricidad; comparándolo con una bombilla tradicional.

Ahora bien, tomando en cuenta lo anterior, la propuesta de mejora para la situación de la comunidad La Cueva es “LED”: el cual es un rediseño de una luminaria, que contará con una fuente de energía alternativa que proporcionará lo necesario para lograr encender un foco del mismo nombre, mejorando así el sentimiento de seguridad de los habitantes. Las áreas de oportunidad que surgieron fueron:

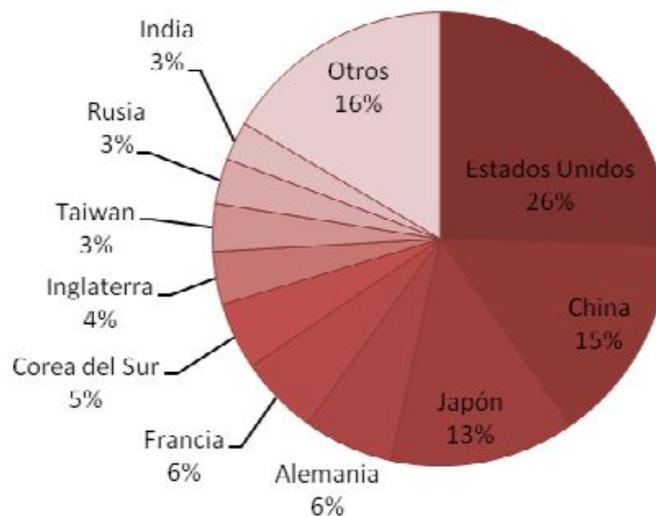
1. Dada la zona en la que se pondrá el dispositivo, hay una alta posibilidad de que la gente de la comunidad robe algunos componentes o incluso todo el dispositivo.
2. El costo del proyecto deberá de ser 50% menos de lo que invierte el gobierno en cada luminaria, \$4,106.00 MXN.
3. Los materiales deben de ser lo bastante resistentes como para soportar el peso de un adulto promedio (75 kg.), para que este no colapse.
4. El dispositivo depende de la cantidad de gente que pase sobre él, entre más personas pasen sobre este más energía se generará y alimentará por mayor tiempo los focos led.
5. La parte del dispositivo que va en el suelo no deberá de exceder los 5 cm., ya que esto podría representar un obstáculo y un riesgo para las personas que pasen descuidadamente por este.

LED hace uso del efecto piezoeléctrico para alimentarse de energía. Este efecto fue descubierto en 1880 por Jacques y Pierre Curie, los cuales detectaron que cuando se aplicaba una presión sobre ciertos cristales se generaba una carga eléctrica, cuyo voltaje era proporcional a la tensión.



**Imagen 6.** Representación del efecto piezoeléctrico. Ortega, G. (2016). Origen del efecto piezoeléctrico [ep]. Recuperado el 7/11/2019, del sitio web Research Gate: [https://www.researchgate.net/figure/Figura-3-Origen-del-efecto-piezoelctrico-ep\\_fig2\\_329044693](https://www.researchgate.net/figure/Figura-3-Origen-del-efecto-piezoelctrico-ep_fig2_329044693)

A pesar de que este tipo de materiales fueron descubiertos en el año 1880, cien años después aún no habían tenido un gran desarrollo. Los países con mayor número de investigación desde el año 2005 en este campo se presentan en el siguiente gráfico, que corresponde al porcentaje de publicaciones por país:



**Gráfico 2.** Boletín VT, 3º, 2010.  
Boletín VT, (2010) *Materiales Piezoeléctricos*. Recuperado de: [https://icono.fecyt.es/sites/default/files/filepublicaciones/bvt\\_mat\\_n3.pdf](https://icono.fecyt.es/sites/default/files/filepublicaciones/bvt_mat_n3.pdf)

No fue hasta 1951 que la asociación *Barium Titanate Application Research Committee*, superó con éxito no sólo desafíos técnicos y los problemas de fabricación, sino que también definieron nuevas áreas de negocio para este tipo de materiales.

Este efecto se ha aplicado en diversos dispositivos, como los son: calentadores, cocinas, mecheros, etc. los cuales al pulsar el botón, de material piezoeléctrico generan una chispa debido a la diferencia de potencial eléctrico. Asimismo, se han utilizado para la amortiguación de vibraciones o la detección de impactos (en las bolsas de aire en coches, el material detecta la intensidad del choque y envía una señal eléctrica que activa la bolsa de aire).

Del año 2000 en adelante las aplicaciones más destacables de los materiales piezoeléctricos fueron:

- Cargar el móvil solo con la energía del cuerpo humano (marzo 2009).  
Científicos del Instituto de Tecnología de Georgia, encabezados por el profesor Zhong Li Wang, han logrado captar la energía del entorno convirtiendo en electricidad vibraciones de baja frecuencia como los movimientos del cuerpo, del latido del corazón o del viento. Los nanogeneradores piezoeléctricos de óxido de zinc tendrán múltiples aplicaciones en los campos de la defensa, el medioambiente, la biomedicina y la electrónica en general, añadió Wang.
- Carreteras que generan energía (septiembre 2010).  
En Israel, ingenieros del centro tecnológico Innowattech crearon un nuevo tipo de material para carreteras, basado en unos cristales piezoeléctricos. Esto para aprovechar la energía cinética del paso de los vehículos (genera aproximadamente 400 kW por kilómetro).

Lo que hace diferente a nuestro proyecto es la implementación de piezoeléctricos, los cuales son una fuente de energía alternativa que no se ha aprovechado en México. Estos piezoeléctricos serán los encargados de generar la energía necesaria para alimentar a todo el sistema de la luminaria. La que a su vez está diseñada de tal manera que la luz se disperse en un área mayor a la anterior, en las que se usaban focos de luz mercurial.

#### 4. Ideación y desarrollo conceptual

El público al que va dirigido nuestro proyecto son todos aquellos que requieran de iluminación cuando haya escasez de luz. Sin embargo, los beneficiarios de este proyecto son los habitantes de la comunidad La Cueva, -ubicada en el municipio de Corregidora- a los cuales procuraremos aumentar la sensación de seguridad al transitar por las calles cuando la iluminación natural sea escasa. En su totalidad son 266 habitantes (127 hombres y 139 mujeres) distribuidos en 55 hogares alrededor de la zona (Nuestro México, 2005).

Después de haber investigado sobre la situación de la comunidad y de casos similares en otros lugares como bien lo fueron: Quintana Roo, Reynosa y Aguascalientes. En cuyos artículos documentaron y resaltaron el impacto que tiene el alumbrado público con la seguridad de la zona. De esto surgieron varias ideas, la cuales presentamos a continuación:

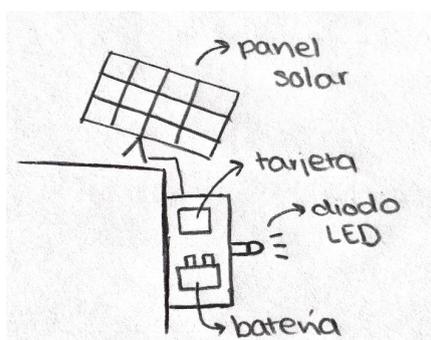


Imagen 7. Fuente propia.

La primera idea que tuvimos fue la de utilizar paneles solares para alimentar el sistema de almacenamiento de energía. Sin embargo esta idea fue descartada porque estos son muy costosos y existía un alto riesgo de que fueran desinstalados por los pobladores, por lo tanto, acordamos que nuestro proyecto debía de ser elaborado con materiales económicos, encontrando así una oportunidad para emplear piezoeléctricos.



Imagen 8. Fuente propia.



Imagen 9. Fuente propia.



Imagen 10. Fuente propia.

Desde un inicio concertamos el utilizar diodos led blancos para la iluminación (por tener un consumo de energía bajo y por ser de larga duración). A pesar de que estos tienen un mayor alcance quisimos ver si era posible aumentarlo, por lo que realizamos varias pruebas con diferentes materiales, tales como agua, espejos y una lente para determinar cual de estos dispersaba de mejor manera la luz. El agua provocó un efecto como si la luz estuviera concentrada dentro del vaso, los espejos sí permitieron un mayor alcance pero fue dirigida sólo hacia ciertos puntos dependiendo de la inclinación del espejo, y el lente fue el que logró aumentar el área ocupada por la luz. Por lo tanto, decidimos implementar un lente frente a los led.

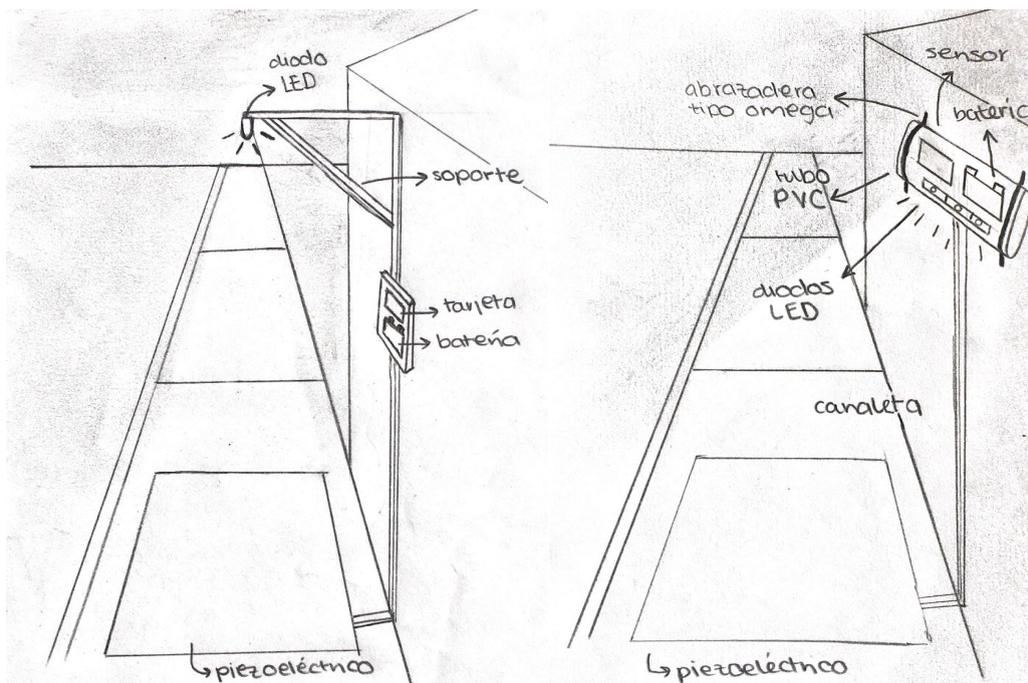


Imagen 11 y 12. Fuente propia.

Otra cuestión a tratar fue determinar la altura de nuestro dispositivo (para tratar de no perder la intensidad de iluminación del led) y cómo este se iba a sostener por su cuenta. Las luminarias en general son estructuras de 7 a 12 metros de altura total, cualidad que se ve compensada por focos de alta potencia (aprox. 90 watts, con 4500 - 5100 Lm); es por eso que para mantenernos en la línea de lo económico decidimos que nuestro dispositivo no debe de ser mayor a 2.5 metros de altura (altura promedio de una casa de una planta) ya que la cantidad de luz que recibe una superficie depende de la distancia a la fuente de luz. La iluminancia decrece al cuadrado de la distancia ( $Lux = \text{intensidad de fuente luminosa} / m^2$ ). El lux en un calle bien iluminada está entre 15 a 25, dejando el del proyecto dentro de los parámetros  $129.294 / 2.4^2 = 22.446875 \text{ cd}/m^2$ .

Además de que este no cuenta con toda la estructura de soporte tipo escuadra para cambiar el centro de carga de los diodos led, sino que se apoya directamente de una de las paredes de la vivienda, donde a su vez se dispondrán los diodos y los elementos de programación.

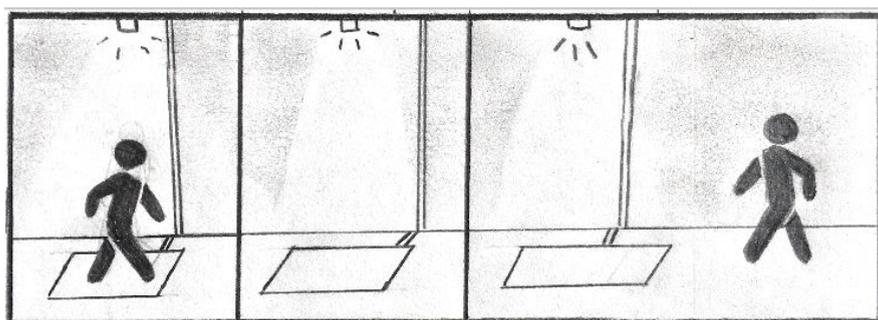


Imagen 13. Fuente propia.

La programación del dispositivo se determinó para que fuera de la manera más sencilla posible, de modo que ésta no alcanzara a consumir toda la energía almacenada en la batería. En un principio habíamos acordado de que los diodos se activaran en la noche sólo cuando una persona pasara sobre el dispositivo piezoeléctrico. La segunda idea que tuvimos respecto a cuando debían encender los diodos fue igual que la anterior, pero con la diferencia de estos mantendrían una porción de la energía, la cual se liberaría varias horas durante los fines de semana -ya que nuestro beneficiario nos comentó que durante los fines de semana la criminalidad aumenta-.

Sin embargo, después de consultar estas opciones con una de nuestras directoras, acordamos que era más importante el tratar de procurar la seguridad de los pobladores durante toda la semana, por lo que al final se determinó que (como nuestro dispositivo depende de la cantidad de gente que pase sobre él, entre más personas pasen sobre este más energía se generará y alimentará por mayor tiempo los diodos led) se programaría un sensor de movimiento, el cual encenderá los diodos led momentos antes de que la persona pase sobre el piezoeléctrico.

Finalmente, después de considerar y evaluar los diversos detalles de las ideas anteriores llegamos a lo que consideramos el mejor diseño y solución. El proyecto consiste en una alternativa para generar energía eléctrica por medio de piezoeléctricos, el cual alimenta un sistema de almacenamiento energético (batería recargable) encargado de encender 10 diodos led cuando el sensor de movimiento detecte que alguien se aproxime a unos 2 metros.

Además dentro de la estructura de nuestro proyecto contamos con una lente para que el área iluminada por los ledes sea mayor. Lo cual tiene mejores resultados cuando es colocado a la altura de la casa (máximo 2.5 metros).

El indicador de éxito más evidente del proyecto es el de hacer que la luminaria encienda en el momento predeterminado. De igual manera, en la parte social el indicador sería el incremento de la percepción de seguridad de los habitantes ante la implementación de LED; esto último será cuantificado a través de la aplicación de una encuesta.

## 5. Memoria descriptiva

LED es un rediseño de una luminaria alimentada por materiales que hacen posible el efecto piezoeléctrico. El propósito principal de este dispositivo es el de proveer luz en cualquier escenario, en este caso se proporcionará de luz a ciertas zonas de la comunidad La Cueva y como consecuencia, esperamos poder crear en los pobladores una mayor sensación de seguridad al momento de que estos realicen sus actividades cuando haya poca luz.

La manera en la que funciona el sistema de LED es la siguiente: Las personas que pasen sobre la parte 1 del dispositivo crean el efecto piezoeléctrico (el cual es generar energía a partir de la deformación en la estructura interna de un material cerámico). La energía obtenida durante todo el día se almacena en una batería y a partir de las 22:00 hrs un sensor de movimiento mandará una señal para encender los diodos led (esto hasta las 8:00 am), cada vez que una persona pase.

Las principales características del proyecto son:

- Dimensiones de 2.4m de altura x 1 m de ancho.
- Alcanza a iluminar 22.446875 cd/m<sup>2</sup>.
- Se puede encender a partir de las 22.00 horas, esto cuando el sensor de movimiento detecta un objeto en el área.

El sistema de LED consta de los siguientes componentes:

Iluminación:

- Para la producción de energía hay 30 piezoeléctricos, los cuales llegan a producir .2v de energía por separado. Empleamos este tipo por su bajo costo de \$8.00 MXN y su eficiencia del 70% para transformar energía mecánica en energía eléctrica.
- 10 diodos led de 1.1 cd; los diodos led son de 5%-20% más eficientes que un halógeno y duran de 8-10 veces más. Por lo tanto, los diodos led son mejores para el aprovechamiento de energía del proyecto, cuentan con un bajo costo (\$2.50 MXN por LED) y no hay necesidad de proveerles mantenimiento a largo plazo.

Programación:

- 2 sensores ultrasónicos.

Circuito eléctrico

- 5.15 metros de alambre de cobre esmaltado que forma el circuito eléctrico; 0.26 m forman parte de las uniones, 4.8 m para conducir la energía a la luminaria. Decidimos este material en específico por ser más barato pero con una diferencia de 4 MS/m por

debajo del valor de conductividad de la plata. En el capítulo 9 viene más a detalle el proceso de selección.

- 1 batería recargable de litio de .200A. Se seleccionó esta por las ventajas que tiene contra las baterías de otro material. En el capítulo 9 viene más a detalle el proceso de selección.

#### Estructura resistente

- 0.25 metros de PVC de 75 mm de diámetro. El PVC a diferencia del metal posee mayor flexibilidad, durabilidad, adaptabilidad, la facilidad de instalación y bajo costo (Tubo de 75mm x 1m costo de \$31.00 MXN).
- 2.2 metros de canaletas de 20x12mm. También son de PVC por las características mencionadas anteriormente y su diferencia de precio, comparadas con unas canaletas de aluminio tenemos un ahorro del 88.13%.
- 2 abrazaderas tipo omega de acero inoxidable para sostener el tubo PVC antes mencionado.

## 6. Plan de fabricación

Para desarrollar el proyecto es necesario seguir los siguientes pasos:

1. Unimos entre sí cada uno de los piezoeléctricos (en serie) con ayuda de un cautín y estaño.
2. Con ayuda de un multímetro comprobamos que pasara corriente eléctrica.
3. Cubrimos cada una de estas uniones con cinta aislante.
4. Con tijeras cortamos 1 metro de hule cristal (el doble del tamaño del circuito creado con los piezoeléctricos).
5. Colocamos los piezoeléctricos sobre de este hule y doblamos el excedente para cubrirlos por completo.
6. Pasamos una plancha por las orillas del hule para sellar y crear un empaque que proteja los piezoeléctricos del agua y del polvo, dejando solamente de fuera 10 cm de la parte final del polo negativo y positivo.
7. Retiramos .01 m del recubrimiento plástico de los 2.4 m de dos cables de cobre esmaltado en cada extremo.
8. Unimos un cable de cobre esmaltado con la parte final del cable de 10 cm (polo positivo) y el otro cable de cobre esmaltado con el polo negativo.
9. Con ayuda del multímetro comprobamos que pasara corriente eléctrica.
10. Cubrimos nuevamente las uniones con cinta aislante.
11. Aplicamos pintura de látex blanca sobre la canaletas y el tubo de PVC con una brocha.
12. Con ayuda de una sierra cortamos una canaleta de PVC en 2.4 m y en .1 m. Dejando un ángulo de 45° en un uno de los extremos de cada segmento.
13. Colocamos dentro de cada segmento de canaleta el cableado de cobre esmaltado.
14. Unimos con pegamento para PVC, las canaletas en forma de “L”, donde la parte de .1 m es por la que pasará el cableado de los piezoeléctricos y la parte de los 2.4 m será la que esté conectando con el tubo de PVC.
15. Con ayuda de una sierra cortamos un tubo de PVC de 75 mm de diámetro a .25 m e hicimos ranuras de 20x12 mm para introducir la canaleta, de 45x20 mm para el sensor y de 150x15 mm para los diodos led.

16. Programamos el sensor de movimiento para que este mande una señal de encender los diodos led cuando una persona se aproxime a 5 m.
17. Conectamos los diodos led (en paralelo) con dos cables de 8 cm de cobre esmaltado (con las partes en donde se hará la unión con el plástico retirado). Esto con cautín y estaño.
18. Unimos la batería con el sensor, los diodos y la batería de Litio. Con el cautín y el estaño. Dejando 5 cm de cobre esmaltado (con el esmalte retirado en los extremos) en la parte final de este circuito.
19. Comprobamos el paso de corriente eléctrica con ayuda del multímetro.
20. Cubrimos cada una de las uniones con cinta aislante.
21. Introducimos todo este circuito dentro del PVC dejando los diodos led, el sensor y los 5 cm de cobre esmaltado por la ranuras hechas previamente.
22. Unimos los 5 cm de cable con los extremos del cable de 2.4 m dentro de la canaleta con el cautín y estaño.
23. Comprobamos el paso de corriente eléctrica con ayuda del multímetro.
24. Cubrimos la uniones con cinta aislante.
25. Sellar la ranura del tubo de PVC con la canaleta con pegamento para PVC.
26. Cortamos dos círculos de hule cristal de 75 mm y un rectángulo de 8x6 cm.
27. Pegamos estos círculos en los extremos del PVC y el rectángulo cubriendo el sensor con ayuda de pegamento para PVC.
28. Colamos los lentes frente a los diodos y los pegamos con pegamento para PVC.
29. Finalmente pegamos las dos abrazaderas tipo omega en los extremos tubo del PVC, dejando 2.5 cm de afuera hacia adentro.
30. Atornillamos a la pared esta última parte.

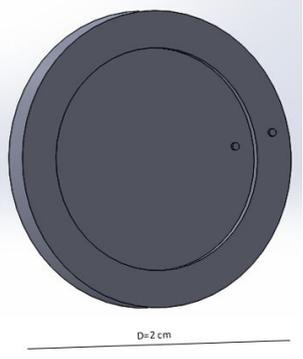
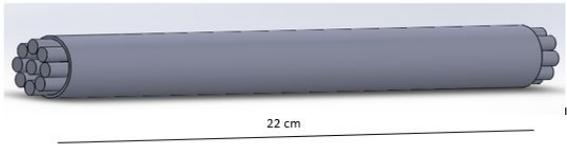
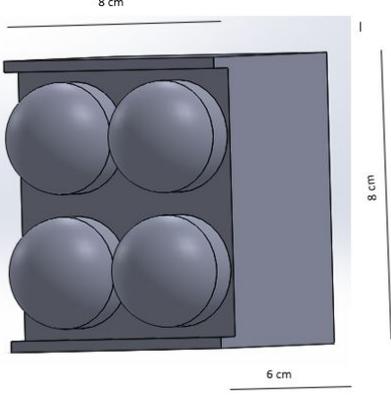
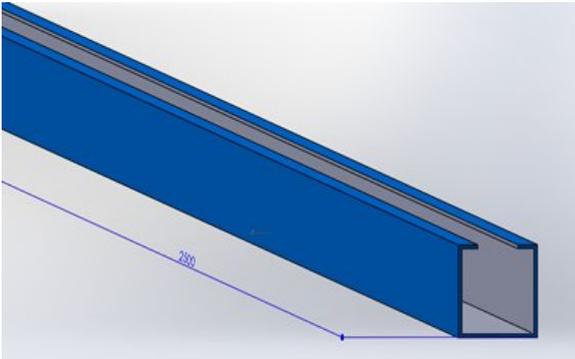
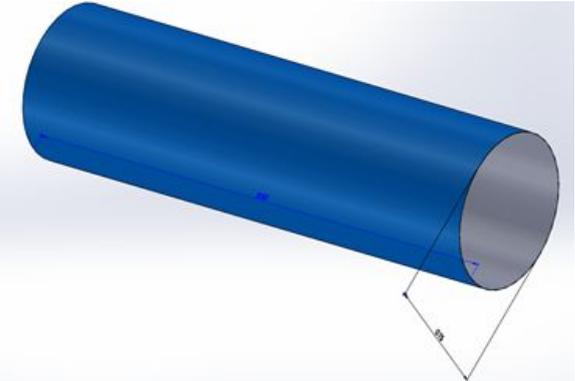
## 7. Lista de piezas, materiales y herramientas

Lista de materiales:

No. de pieza	Material	Unidades	Composición
1	Piezoeléctrico	30	Cerámica con titanato-circonato de plomo
2	Cables	5,15 metros	Cobre y pintura plástica aislante transparente.
3	Diodo led	10	Carbono, Boro, Nitrógeno, Silicio, Fósforo, Arsénico, Germanio, Indio, Galio, Aluminio.
4	Sensor de movimiento	1	Silicio
5	Hule cristal	metros	PVC
6	Tubo de PVC	0.25 metros de 75 mm de diámetro.	Policloruro de polivinilo (cadenas de Hidrógeno, Carbono y Cloro).
7	Canaletas para cables	2.5 metros de 20x12mm	Policloruro de polivinilo (cadenas de Hidrógeno, Carbono y Cloro).
8	Lentes	1	Acrílico
9	Batería recargable	1	Litio
10	Abrazaderas tipo omega	2	Acero inoxidable
11	Cinta aislante	1.5 metros	Vinilo
12	Pegamento para PVC	50 ml	Metiletilcetona, Ciclohexanona, Resina PVC, Tetrahidrofurano y Acetona.
13	Cable de estaño	1 metro	Aleación estaño-plomo

Tabla 1. Fuente propia.

Dibujo de los materiales acotados:

 <p>A circular piezoelectric sensor with a diameter of 2 cm, shown in a top-down view.</p>	 <p>A bundle of cables with a length of 22 cm, shown in a perspective view.</p>
<p>1. Piezoeléctrico</p>	<p>2. Cables</p>
 <p>A rectangular LED diode with dimensions 8 cm by 6 cm, shown in a perspective view.</p>	 <p>A rectangular motion sensor with dimensions 6 cm by 3.5 cm, shown in a perspective view.</p>
<p>3. Diodo led</p>	<p>4. Sensor de movimiento</p>
 <p>A blue cable duct with a length of 2300, shown in a perspective view.</p>	 <p>A blue PVC tube with a diameter of 50, shown in a perspective view.</p>
<p>5. Canaletas para cables</p>	<p>6. Tubo PVC</p>

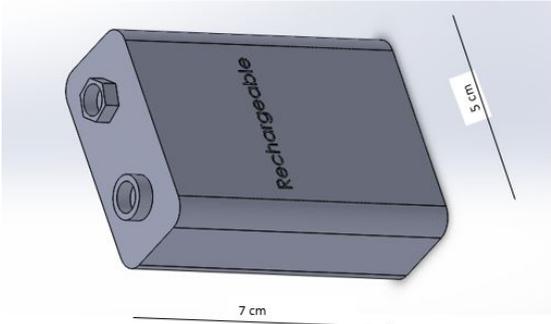
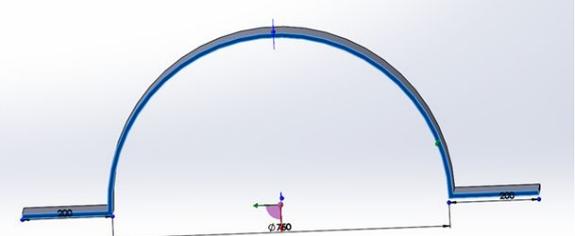
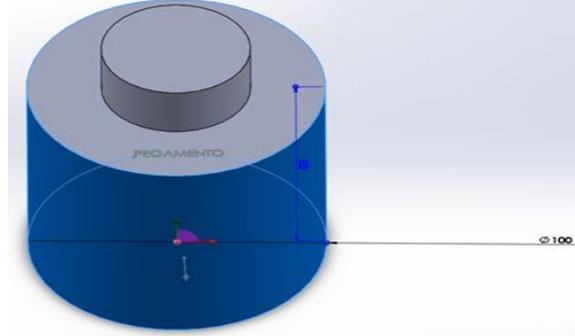
	
<p>7. Batería</p>	<p>8. Abrazaderas tipo omega</p>
	
<p>12. Pegamento para PVC</p>	

Tabla 2. Fuente propia.

Herramientas necesarias para construir LED:

No.	Herramienta
1	Cautín
2	Sierra
3	Flexómetro
4	Transportador
5	Cortador de círculos
6	Multímetro
7	Plancha
8	Tijeras
9	Pinzas para cables

Tabla 3. Fuente propia.

## 8. Planos

- Croquis:

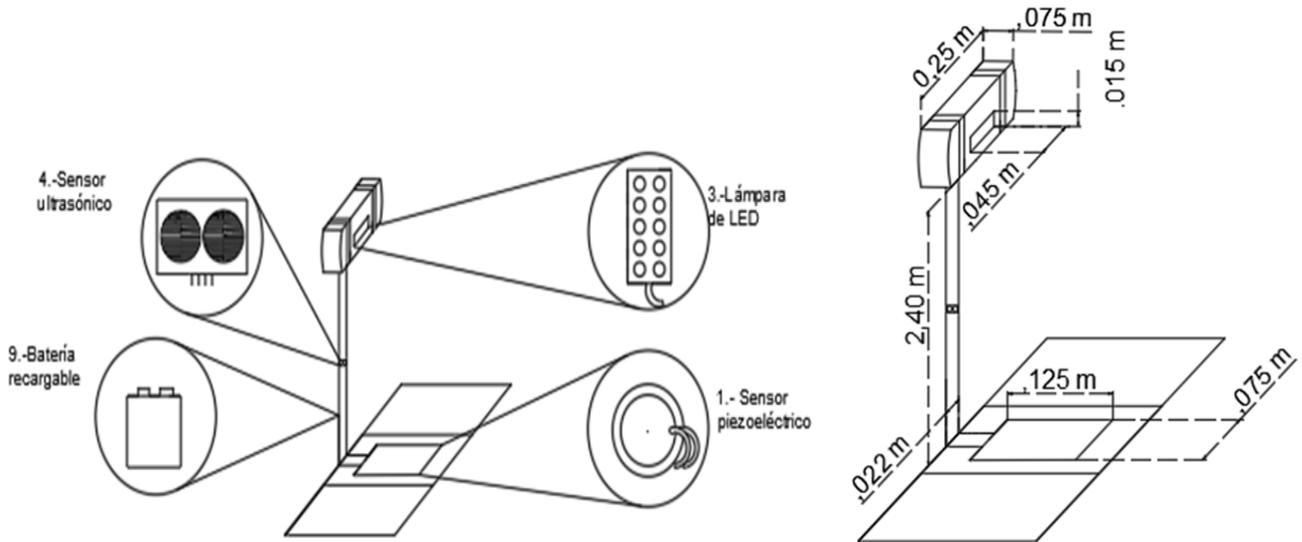


Imagen 14. Fuente propia.

- Vista alzada y de perfil de los elementos más importantes del objeto:

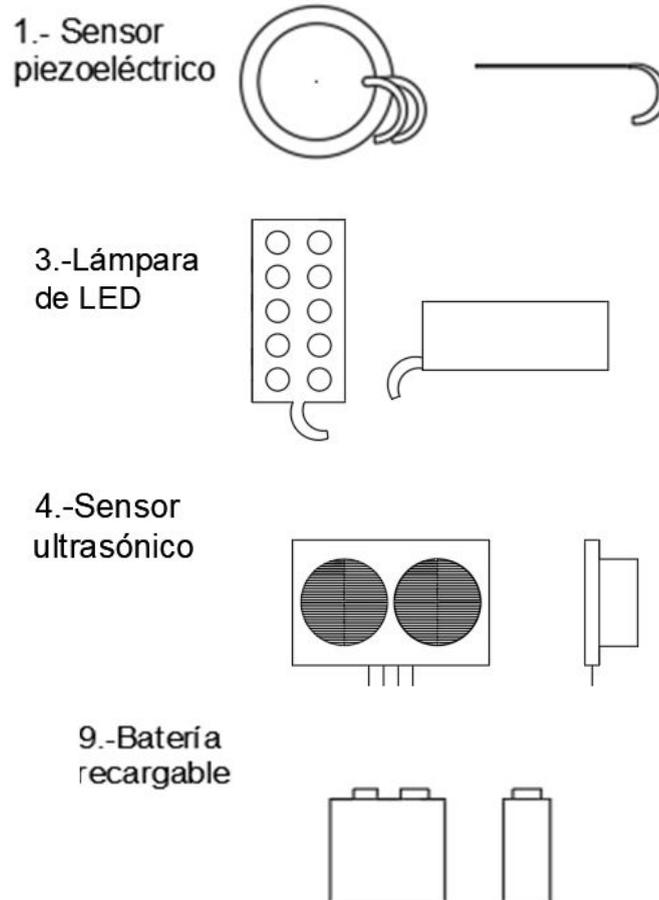


Imagen 15, 16, 17 y 18. Fuente propia.

Esquema de la programación:

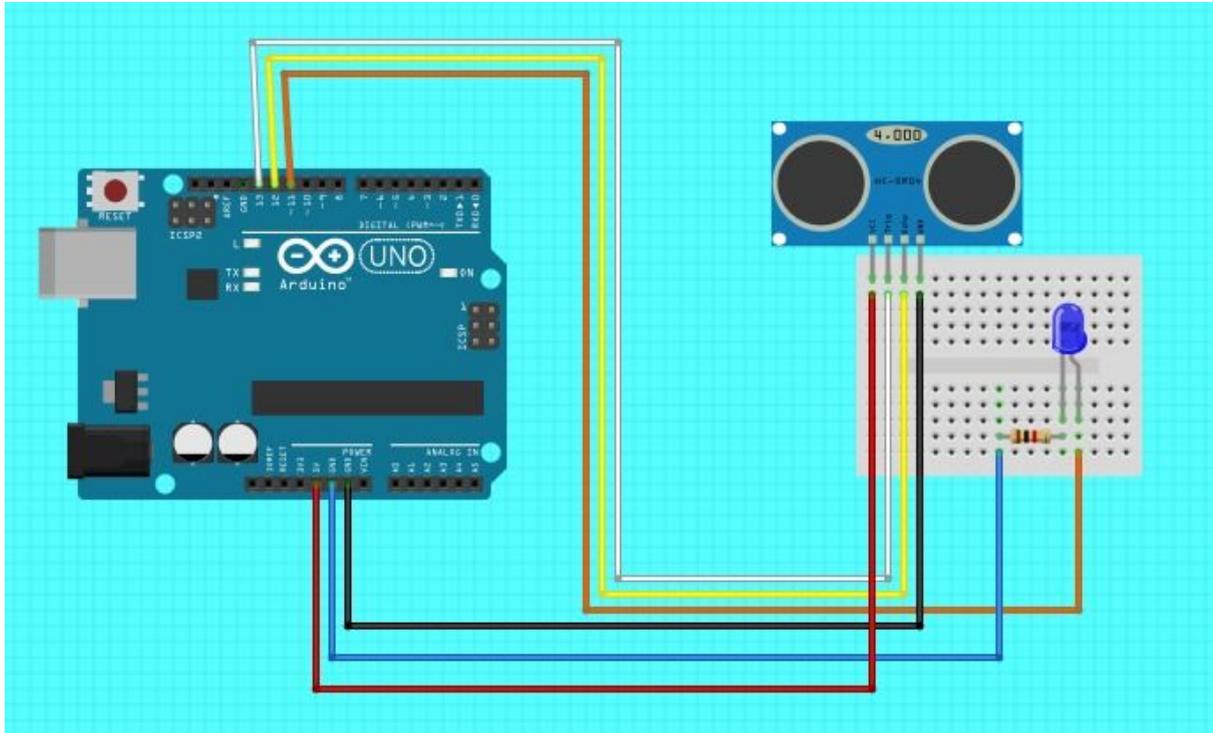


Imagen 19. Fuente propia.

En este esquema no se toma en cuenta la batería, ya que el programa en el que se realizó se toma como si este circuito estuviera conectado (recibiera energía) a la computadora.

## 9. Cálculos técnicos

En este apartado se presentan los cálculos realizados y los diferentes aspectos que se tomaron en consideración para el desarrollo de "LED":

### Termodinámica

El calor generado por 759 personas que pasan por los sensores piezoeléctricos es de 176.31 J/s por lo tanto si se transfiere ese calor a 1 gr de Mercurio, se calentará de 19 C° (temperatura ambiente) a 20.27 C°.

$$Q = mC(T_f - T_i)$$

$$\frac{Q}{m \cdot C} + T_i = T_f$$

$$T_f = \frac{176.31}{(1)(138)} + 19$$

$$T_f = 20.27 \text{ C}^\circ$$

## Ciencia, Tecnología y Química de los materiales

Para poder determinar la carga máxima que resistiría un piezoeléctrico hasta su punto de fractura utilizamos la siguiente fórmula:

$$Carga = (densidad^{-1})(\text{área}^{-1})(masa)(longitud)(UTS)$$

$$Carga = \left(\frac{1 m^3}{7.13 \times 10^{-6} kg}\right) \left(\frac{1}{3.1415 \times 10^{-4} m^2}\right) \left(\frac{1 \times 10^{-6} kg}{1}\right) \left(\frac{0.02 m}{1}\right) \left(\frac{1.341 \times 10^6 kg}{ms^2}\right)$$

$$Carga = \frac{11.973 \times 10^6 kgm}{s^2}$$

Lo que en kilogramos sería:

$$Kilogramos = 11.973 \times 10^6 N \left(\frac{0.10197 kg}{1 N}\right)$$

$$Kilogramos = 1.22 \times 10^6 \text{ kilogramos}$$

### Batería:

Para determinar el tipo de batería recargable que se emplearía en el sistema realizamos una investigación, y posteriormente hicimos un análisis de nuestras opciones:

	NiCd	NiMH	Li-ion
Energía específica (W-h/kg)	40-60	60-120	100-265
Densidad energética (W-h/L)	50-150	140-300	250-730
Potencia específica (W/kg)	150	250	250-340
Eficiencia carga/descarga	70-90 %	66 %	80-90 %
Velocidad de autodescarga (%/mes)	10 %	30 %	8 %
Durabilidad (ciclos)	2000 ciclos	500-1200 ciclos	400-1200 ciclos
Voltaje de célula nominal	1,2 V	1,2 V	3,7 V

**Tabla 4.** Comparación entre las principales características de los tipos de baterías recargables.

Daniel (2017). Tipos de pilas: guía completa con las pilas y baterías que existen. Consultado el 12 de octubre del 2019.

Recuperado del sitio web Actitud ecológica: <https://actitudecologica.com/tipos-de-pilas/>

Otros aspectos a considerar son que las baterías NiCd y las NiMH, presentan el efecto memoria (fenómeno que reduce la capacidad de las baterías cuando se cargan sin haber sido descargadas del todo previamente -puede evitarse con que una de cada pocas cargas sea completa-). También la NiMH presenta una alta tasa de autodescarga -no se recomienda usarlas en objetos con periodos largos entre usos-, y además, su velocidad de carga es más baja que las NiCd, debido a su mayor resistencia interna (lo cual también las hace sensibles a los aumentos de temperatura).

En el proyecto se decidió utilizar una batería de litio por sus cualidades como: una densidad energética superior respecto a las baterías anteriores, su baja autodescarga y por ser más ligeras. Sin embargo, el precio es considerablemente alto y su durabilidad en ciclos no se compara con las otras.

### Alambre:

Para asegurar que la energía generada en la parte piezoeléctrica del proyecto consiguiera llegar hasta los diodos led, fue necesario buscar un material que tuviera una alta conductividad eléctrica (capacidad de un material o sustancia para dejar pasar la corriente eléctrica a través de él).

Metales	Conductividad Eléctrica (MS/m)
Plata	63
Cobre	59
Oro	45
Aluminio	37
Wolframio	18
Hierro	15

**Tabla 5.** Tabla comparativa de los valores de conductividad de distintos metales a 20°C.

Zúñiga, P. (2010). *Materiales conductores (y cuál es mejor de ellos)*. Consultado el 12 de octubre del 2019. Recuperado del sitio web *Instalaciones eléctricas residenciales*:

<https://instalacioneselctricasresidenciales.blogspot.com/2012/10/materiales-conductores.html>

De acuerdo a la tabla anterior podemos observar que los metales son buenos conductores -cuentan con muchos electrones con uniones débiles que facilitan el desplazamiento de estos-. A pesar de que la plata es mejor conductor utilizaremos el cobre por ser además flexible, resistente a los esfuerzos mecánicos y de bajo costo.

### Protección:

Para cubrir los sensores piezoeléctricos (hechos de lámina de zinc y un disco cerámico) optamos por utilizar hule cristal (un plástico resistente y termosellable), esto para crearles un empaque y protegerlos de la humedad y el polvo, ya que esto puede llegar a disminuir su eficiencia.

La parte electrónica (diodos led, batería, sensor de movimiento) y la de los alambres de cobre, optamos por resguardarlos del ambiente dentro de un tubo y unas canaletas de PVC (cloruro de polivinilo) respectivamente. Escogimos el PVC principalmente por ser un material resistente a los humos y líquidos corrosivos, ya que en dado caso de que alguno de los componentes se llegara a oxidar o que la batería se derrame no le pasará nada a los contenedores. Otras características que nos hicieron decidimos por este material fueron: la alta rigidez y dureza, su alto punto de fusión (153.8 a 160°C), que son aislantes eléctricos, poseen una baja densidad (1.4 g/cm<sup>3</sup>) son duraderos (no requieren de tanto mantenimiento y lo único que haríamos para que no fueran tan perjudicados por los rayos UV sería cubrirlos con pintura de látex blanca para reflejarlos), su fácil instalación y su bajo costo.

Para sostener las canaletas a la pared no requerimos de ningún aditamento, ya que estas cuentan con pegamento en la parte posterior que facilitan esta tarea. El tubo de PVC por otra

parte no lo tiene, por lo que en nuestro último diseño colocamos en cada extremo unas abrazaderas tipo omega. Estas están hechas de acero inoxidable, lo cual hará que estas sean duraderas y que no requieran mantenimiento en un buen tiempo.

Por último, decidimos usar ledes por su alta eficiencia (15%-20% más eficientes que un halogeno), su durabilidad (8-10 veces más durable que los halógenos y 2000 horas halogeno vs 15000 horas led) y su costo (\$2.50 MXN a diferencia de uno de halógeno que cuesta \$26.00 MXN). Esto beneficia en el proyecto por el aprovechamiento de energía, lo económico y porque hace que no se necesite de mucho mantenimiento a largo plazo.

### Ingeniería de Fabricación

En esta sección elaboramos un plan de fabricación como si fuéramos a fabricar el proyecto a gran escala. Para lo cual también haremos una mejora a este plan, presentado el original como un “As is” y el mejorado como un “To be”.

Actividades a realizar:

As is									
No. de operación	Actividad con valor agregado	Actividad sin valor agregado	Movimiento (persona/material)	Espera (tiempo vacío)	Stock (almacén o proceso)	Control de calidad	Descripción de la actividad	Tiempo de proceso (minutos)	Distancia recorrida (metros)
1	●	○	→	D	△	□	Tomar los piezoeléctricos	0.5	
2	●	○	→	D	△	□	Soldar entre sí los piezoeléctricos	40	
3	●	○	→	D	△	□	Comprobar el paso de corriente	1	
4	●	○	→	D	△	□	Cubrir con cinta aislante las uniones	15	
5	●	○	→	D	△	□	Dejar el circuito en el contenedor	0.2	3
6	●	○	→	D	△	□	Cortar hule cristal 1 x 1 m	1	
7	●	○	→	D	△	□	Tomar un circuito de piezoeléctricos	0.2	
8	●	○	→	D	△	□	Colocar sobre el hule cristal los piezoeléctricos	0.17	
9	●	○	→	D	△	□	Doblar el hule cristal cubriendo los piezoeléctricos	0.07	
10	●	○	→	D	△	□	Pasar una plancha por las orillas para sellar	1	
11	●	○	→	D	△	□	Dejar el circuito en el contenedor	0.2	3
12	●	○	→	D	△	□	Tomar dos cables de 2.4 m	0.2	
13	●	○	→	D	△	□	Retirar .01 m del recubrimiento plástico de los extremos	0.5	
14	●	○	→	D	△	□	Tomar un circuito de piezoeléctricos	0.2	
15	●	○	→	D	△	□	Soldar los cables con el circuito piezoeléctrico	5	
16	●	○	→	D	△	□	Comprobar el paso de corriente	1	
17	●	○	→	D	△	□	Cubrir con cinta aislante las uniones	1.5	
18	●	○	→	D	△	□	Dejar el circuito en el contenedor	0.2	3

19	●	○	→	D	△	□	Tomar una canaleta y un tubo de PVC	0.17	
20	●	○	→	D	△	□	Pintar la canaleta y el tubo con pintura de látex blanca	10	
21	●	○	→	D	△	□	Dejar secar la pintura	60	
22	●	○	→	D	△	□	Ponerlos en un contenedor	0.2	3
23	●	○	→	D	△	□	Tomar del contenedor la canaleta	0.08	
24	●	○	→	D	△	□	Cortar en 2.4 m y .1 m con un ángulo de 45°	8	
25	●	○	→	D	△	□	Tomar el circuito del contenedor	0.08	
26	●	○	→	D	△	□	Colocar dentro de la canaleta el cableado y cerrar	10	
27	●	○	→	D	△	□	Dejar el circuito dentro del contenedor	0.2	3
28	●	○	→	D	△	□	Tomar el tubo PVC	0.08	
29	●	○	→	D	△	□	Cortar el tubo de PVC a .25 m	4	
30	●	○	→	D	△	□	Hacer ranuras de 120 x 12, 50 x 20 y 150 x 15 mm	20	
31	●	○	→	D	△	□	Dejar el tubo dentro del contenedor	0.2	3
32	●	○	→	D	△	□	Tomar los diodos led	0.5	1
33	●	○	→	D	△	□	Soldar entre sí los diodos led	15	
34	●	○	→	D	△	□	Comprobar el paso de corriente	1	
35	●	○	→	D	△	□	Cubrir con cinta aislante las uniones	10	
36	●	○	→	D	△	□	Dejarlo dentro del contenedor	0.2	3
37	●	○	→	D	△	□	Programar el sensor de movimiento	15	
38	●	○	→	D	△	□	Dejarlo dentro del contenedor	0.2	3
39	●	○	→	D	△	□	Tomar un sensor, una batería y el circuito led	1	
40	●	○	→	D	△	□	Soldar entre sí la batería, el sensor y los ledes	20	
41	●	○	→	D	△	□	Comprobar el paso de corriente	1	
42	●	○	→	D	△	□	Cubrir con cinta aislante las uniones	10	
43	●	○	→	D	△	□	Dejarlo dentro de un contenedor	0.2	3
44	●	○	→	D	△	□	Tomar el circuito anterior del contenedor	0.10	
45	●	○	→	D	△	□	Introducir el sistema dentro del PVC	5	
46	●	○	→	D	△	□	Acomodar los componentes en su ranura	15	
47	●	○	→	D	△	□	Sellar las ranuras con pegamento	10	
48	●	○	→	D	△	□	Pegar las abrazaderas en los extremos del PVC	10	
49	●	○	→	D	△	□	Dejar el tubo dentro de un contenedor	0.2	3
50	●	○	→	D	△	□	Tomar el tubo de PVC y las canaletas	0.08	
51	●	○	→	D	△	□	Soldar los cables de la canaleta con los del tubo	5	
52	●	○	→	D	△	□	Comprobar el paso de corriente	1	
53	●	○	→	D	△	□	Cubrir con cinta aislante las uniones	4	
54	●	○	→	D	△	□	Cortar dos círculos de hule cristal $\varnothing$ 75 mm	8	
55	●	○	→	D	△	□	Cortar un rectángulo de 8 x 6 cm de hule cristal	4	

56	●	○	→	D	△	□	Pegar los círculos en cada extremo del tubo de PVC	10	
57	●	○	→	D	△	□	Pegar el rectángulo para cubrir el sensor de movimiento	6	
58	●	○	→	D	△	□	Pegar el lente frente a los ledes	5	
6	36	10	1	0	5	Total:		338.43	30

Tabla 6. Fuente propia

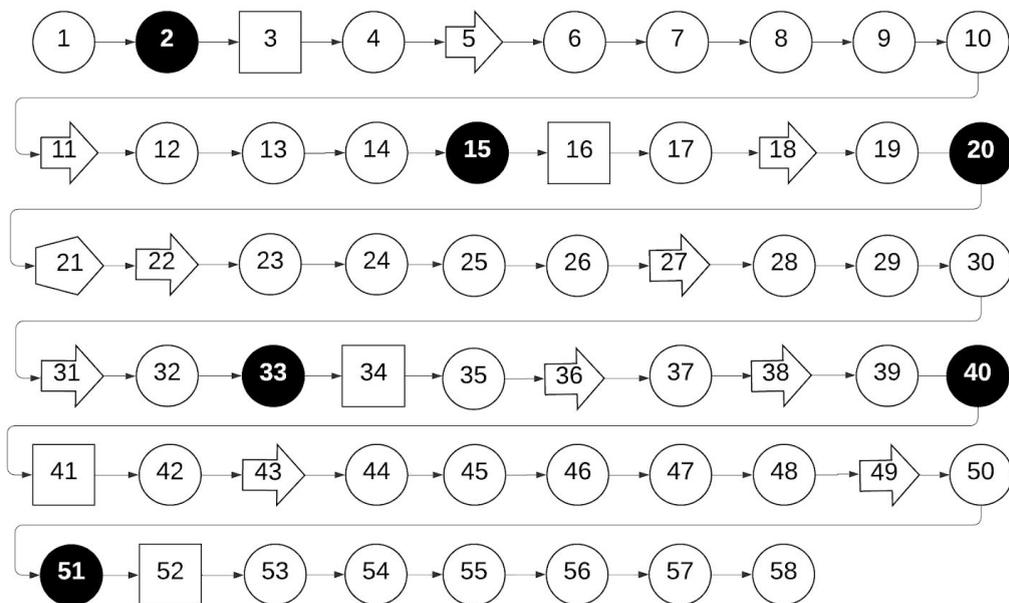
To be: Se eliminaron los transportes de piezas y se tomó como si existiera una banda transportadora o bien, una distancia inexistente entre las estaciones. De igual manera los materiales que debían de ser pintados y recortados se tomaron como ya procesados, ya que los “encargamos” a un proveedor que nos puede hacer las piezas con esas especificaciones. Lo cual nos ayuda a reducir los tiempos de 338.43 minutos a 185.3 minutos (un 45.24%) y las distancia a 6 m. También se hizo un rediseño del producto, eliminamos la operación 58, ya que este lente no hacía una gran diferencia. A su vez se eliminaron y reacomodaron ciertas operaciones, pasando de 58 a 29, y pasando de 12 estaciones a 3.

To be									
No. de operación	Actividad con valor agregado	Actividad sin valor agregado	Movimiento (persona/material)	Espera (tiempo vacío)	Stock (almacén o proceso)	Control de calidad	Descripción de la actividad	Tiempo de proceso (minutos)	Distancia recorrida (metros)
1	●	○	→	D	△	□	Tomar los piezoeléctricos	0.5	
2	●	○	→	D	△	□	Soldar entre sí los piezoeléctricos	40	
3	●	○	→	D	△	□	Comprobar el paso de corriente	1	
4	●	○	→	D	△	□	Cubrir con cinta aislante las uniones	15	
6	●	○	→	D	△	□	Tomar un hule cristal de 1 x 1 m	0.2	
8	●	○	→	D	△	□	Colocar sobre el hule cristal los piezoeléctricos	0.17	
9	●	○	→	D	△	□	Doblar el hule cristal cubriendo los piezoeléctricos	0.07	
10	●	○	→	D	△	□	Pasar una plancha por las orillas para sellar	1	
32	●	○	→	D	△	□	Tomar los diodos led	0.5	
33	●	○	→	D	△	□	Soldar entre sí los diodos led	15	
39	●	○	→	D	△	□	Tomar un sensor y una batería	1	
40	●	○	→	D	△	□	Soldar entre sí la batería, el sensor y los ledes	20	
41	●	○	→	D	△	□	Comprobar el paso de corriente	1	
42	●	○	→	D	△	□	Cubrir con cinta aislante las uniones	10	
28	●	○	→	D	△	□	Tomar el tubo PVC	0.08	
45	●	○	→	D	△	□	Introducir el sistema dentro del PVC	5	
46	●	○	→	D	△	□	Acomodar los componentes en su ranura	15	
47	●	○	→	D	△	□	Sellar las ranuras con pegamento	10	

55	●	○	→	D	△	□	Tomar dos círculos, un rectángulo y dos abrazaderas	1	
56	●	○	→	D	△	□	Pegar los círculos en cada extremo del tubo de PVC	10	
57	●	○	→	D	△	□	Pegar el rectángulo para cubrir el sensor de movimiento	6	
48	●	○	→	D	△	□	Pegar las abrazaderas en los extremos del PVC	10	
23	●	○	→	D	△	□	Tomar las canaletas	0.08	
12	●	○	→	D	△	□	Tomar dos cables de 2.4 m	0.2	
26	●	○	→	D	△	□	Colocar dentro de las canaletas los cables	10	
15	●	○	→	D	△	□	Soldar el extremo corto con la parte piezoeléctrica	5	3
51	●	○	→	D	△	□	Soldar el extremo largo con el tubo	5	3
18	●	○	→	D	△	□	Comprobar el paso de corriente	1	
17	●	○	→	D	△	□	Cubrir con cinta aislante las uniones	1.5	
	5	21	0	0	0	3	Total:	185.3	6

Tabla 7. Fuente propia

### AS IS



### TO BE

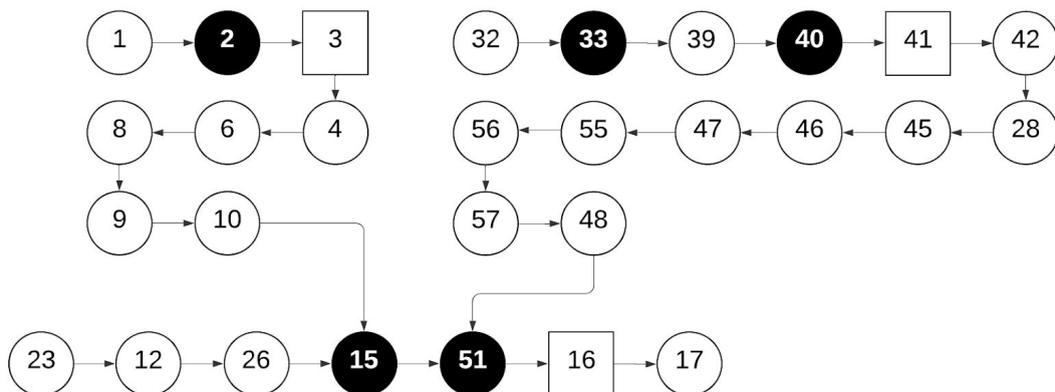


Imagen 20 y 21. Fuente propia.

## Programación

Se programó un sensor ultrasónico para que cuando una persona se aproxime a dos metros, este mande una señal de encender los diodos led por 0.5 segundos. Todo esto a partir de las 22:00 hrs. En la imagen se presenta el programa con un valor preestablecido de 15 cm, esto debido a que es del prototipo.

```
proyecto_3
#define trigPin 13
#define echoPin 12
#define led 11
void setup()
{ Serial.begin (9600);
pinMode(trigPin, OUTPUT);
pinMode(echoPin, INPUT);
pinMode(led, OUTPUT);
}
void loop()
{ long duration, distance;
digitalWrite(trigPin, LOW);
delayMicroseconds(2);
digitalWrite(trigPin, HIGH);

delayMicroseconds(10);
digitalWrite(trigPin, LOW);
duration = pulseIn(echoPin, HIGH);
distance = (duration/2) / 29.1;
if (distance <= 15)
{ digitalWrite(led,HIGH);
}
else {
digitalWrite(led,LOW);
}
Serial.print(distance);
Serial.println(" cm");
delay(500);
}
```

Imagen 22. Fuente propia.

## Mecánica de Fluidos.

Se calculó el número de personas que tienen que pasar sobre los sensores piezoeléctricos para que la lámpara pueda encenderse por 1 hora y media. Utilizamos los siguientes datos:

Masa de un adulto promedio.	Aceleración	Área del zapato de un adulto promedio.
$m=74.8 \text{ kg}$	$a= 9.81 \text{ m/s}^2$	$A= 0.06 \text{ m}^2$

Primero se calculó la fuerza ejercida por una persona al pisar:

$$F = m \times a; \quad F = 74.8 \text{ kg} \times 9.81 \text{ m/s}^2; \quad F = 733.78 \text{ N}$$

Calculamos la presión en las mismas condiciones:

$$P = \frac{F}{A}$$

$$P = \frac{733.78 \text{ N}}{0.06 \text{ m}^2}$$

$$P = 12,229.8 \text{ Pa considerando un pie. y } P = 24,459.33 \text{ Pa considerando dos pies.}$$

Con esto deducimos que al pisar un sensor piezoeléctrico con 24,259.33 Pa se producen 1.6 Volts y 0.005 Amperios por segundo, lo que genera una potencia de 0.0083 Watts.

Si un pie promedio abarca 14 sensores:

$$14 \text{ sensores} \times 0.0083 \text{ Watts} = .1162 \text{ Watts al ser pisados.}$$

Suponiendo que una persona pise dos veces el área de los sensores, pisará en total 28 sensores:

$$28 \text{ sensores} \times .083 \text{ Watts} = .2324 \text{ Watts por cada persona que pasa.}$$

Para calcular los Watts necesarios para mantener prendida la lámpara una hora y media, se tomó como referencia que una bombilla requiere 117.54 Watts por hora:

$$\text{Watts necesarios} = 1.5 \text{ horas} \times 117.54 \text{ Watts/hora}$$

$$\text{Watts necesarios} = 176.31 \text{ Watts}$$

La cantidad de personas para poder generar 176.31 Watts y poder prender la lámpara es de:

$$\text{Personas necesarias} = \frac{176.31 \text{ Watts} \times 1 \text{ persona}}{.2324 \text{ Watts/persona}} = 759 \text{ personas}$$

La batería es de .200 A, si una persona genera .005 A amperes cada vez que pasa, tendrían que pasar un total de 40 personas para cargar la batería al 100% (duración de 4.6 minutos).

## 10. Presupuesto

Lista de materiales			
Material	Costo por unidad MXN	Unidades necesarias	Costo por material MXN
Piezoeléctricos	\$8.00	30	\$240.00
Cable	\$3.00	5.15 metros	\$15.45
Diodo led	\$2.50	10	\$25.00
Sensor ultrasónico	\$35.00	2	\$70.00
Hule cristal	\$28.00	1 metro	\$28.00
Tubo de PVC	\$31.00	0.25 metros	\$7.75
Canaletas para cables	\$71.00	2.2 metros	\$156.20
Batería recargable	\$75.00	1	\$75.00
Abrazaderas tipo omega	\$20.00	2	\$40.00
Cinta aislante	\$23.20	1.5 metros	\$2.00
Pegamento para PVC	\$56.00	1	\$56.00
Cable de estaño	\$39.00	10 g	\$23.00
Total			\$738.4

**Tabla 8.** Fuente propia

Lista de herramientas				
Herramienta	Costo inicial MXN	Horas de trabajo	Costo por hora de trabajo	Costo por tiempo total
Cautín	\$160.00	1.41	\$60.54	\$84.75
Sierra	\$378.00	0.5	\$50.72	\$25.36
Flexómetro	\$46.90	0.16	\$2.00	\$0.52
Transportador	\$12.00	0.083	\$0.27	\$0.50
Taladro	\$240.00	1	\$64.41	\$64.41

Multímetro	\$99.00	0.05	\$1.32	\$0.50
Plancha	\$199.00	0.033	\$1.76	\$0.50
Tijeras	\$13.50	0.16	\$0.57	\$0.50
Pinzas para cables	\$150.00	0.33	\$13.28	\$4.38
Total				\$181.42

**Tabla 9.** Fuente propia

Por lo tanto, el precio de nuestro proyecto sería de \$919.82 MXN.

## 11. Pruebas

La primer prueba consistió en verificar que el hule cristal sirviera como protección para los sensores piezoeléctricos sin afectar la generación de energía. Para esta primera prueba conectamos los piezoeléctricos a un multímetro para medir el voltaje sin el recubrimiento plástico, lo presionamos con la mano y anotamos los valores; repetimos el procedimiento pero presionando con el pie. Cubrimos los sensores piezoeléctricos con hule cristal y rehicimos las pruebas.

Con esta primer prueba llegamos a la conclusión que un impermeabilizante plástico afecta en gran medida el funcionamiento de los sensores piezoeléctricos, se optó por poner más sensores piezoeléctricos para contrarrestar los efectos negativos del plástico en los sensores y así generar un voltaje adecuado para mantener en funcionamiento el sensor ultrasónico y los diodos led.

		Con la mano	Con el pie
Voltaje	Sin plástico	1.5 V	6.5 V
	Con plástico	0.6 V	1.9 V

**Tabla 10.** Fuente propia

La segunda prueba realizada, fue para medir la cantidad de Amperaje que el sensor piezoeléctrico genera (esto fue para utilizar ese dato) junto con el voltaje generado para poder pasarlo a Watts, y así saber cuántas personas necesitan pasar sobre los piezoeléctricos para que la lámpara esté prendida 1 hora y media. También utilizamos este dato para saber cuántas personas necesitan pasar para que se cargue al 100% la batería.

La tercera prueba realizada, fue para medir la distancia adecuada que el sensor ultrasónico necesitaba para operar, ya que la señal podría rebotar en la pared de cartón del prototipo, cosa que mantendría los ledes encendidos todo el tiempo por la presencia de un objeto. Una vez teniendo esto en cuenta se modificó el programa para que operara a una distancia igual o menor de 0.15 m.

La cuarta prueba consistió en el uso de un piezoeléctrico 35% más grande, se observó que genera 40% más voltaje que el de menor área (3.14 y 5.72 cm<sup>2</sup> respectivamente). Sin embargo, la desventaja principal de este es el precio -es más del doble, \$18.00 MXN-, cosa que afectaría directamente en uno de los objetivos que nos planteamos, mantener un bajo costo para que el dispositivo sea viable en comunidades de escasos recursos.

		Con la mano	Con el pie
Voltaje	Sin plástico	2.1 V	9.1 V
	Con plástico	0.84 V	2.66 V

Tabla 11. Fuente propia

## 12. Problemas encontrados y solución adoptada

A lo largo del proyecto enfrentamos varios retos, los cuales se describen a continuación junto con la solución adoptada.

Durante el proceso de ideación se nos ocurrió que para alimentar la batería podríamos aprovechar la radiación solar (implementar paneles solares), a pesar de que la idea era atractiva en la investigación nos dimos cuenta que los paneles solares son muy costosos, lo cual lo aumenta el riesgo de ser hurtados. Por lo que para el diseño final se optó por utilizar sensores piezoeléctricos. De igual manera por el alto riesgo de robo tratamos de que gran parte de los materiales empleados fueran de bajo costo y que no fueran llamativos.

Otra cuestión a la que tuvimos que darle solución fue con respecto al aguante del proyecto al ambiente, ya que los componentes electrónicos (sensores piezoeléctricos, cables, batería, sensor y los ledes) están hechos con materiales que se pueden deteriorar muy fácilmente con el agua, viento y polvo. Es por eso que para ello tuvimos que encontrar componentes en los cuales sería seguro encapsularlos (explicación más a detalle de la selección de materiales en el capítulo 9), los piezoeléctricos los cubrimos con un hule delgado (que no redujera el voltaje -otro problema encontrado durante las pruebas-) y los demás componentes los resguardamos dentro de una canaleta y un tubo de PVC.

Igualmente, nosotros en un principio teníamos contemplado el colocar un lente para ampliar el rango de luz. Sin embargo, esta idea fue descartada, ya que hicimos una prueba -con el prototipo- y notamos que la diferencia era mínima y sólo aumentaría los costos.

Finalmente, durante el desarrollo del prototipo tuvimos problemas con el elemento más importante de nuestro proyecto, los sensores piezoeléctricos. La cuestión fue que los cables de estos se desprendían al probar los sensores, por lo que los volvimos a soldar pero con la diferencia de que retiramos una sección más grande de la cobertura plástica del cable para que existiera más área de contacto y por ende una soldadura mayor.

### 13. Resultados y conclusiones

El objetivo principal del proyecto fue el de proponer una alternativa para proveer de energía a una luminaria (diseñada por nosotros), esto mediante la implementación de un conjunto de dispositivos piezoeléctricos. Los cuales son materiales que a pesar de haber sido descubiertos en 1880 por los hermanos Curie, estos no han sido tan utilizados a comparación de otros materiales que igualmente son fuentes generadoras de energía renovable.

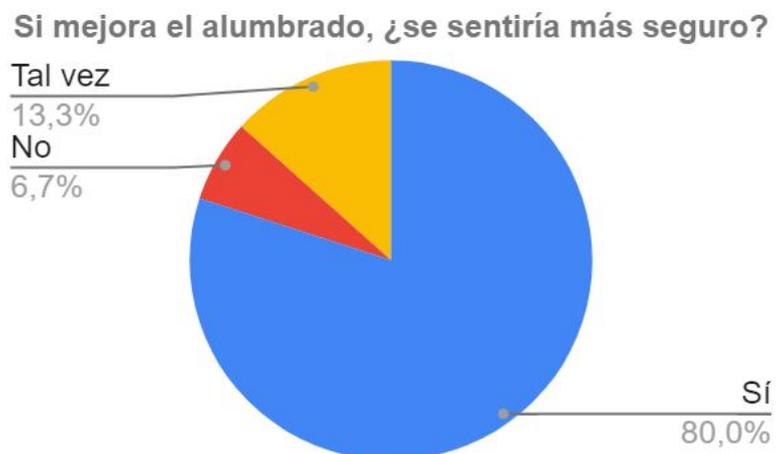
El diseño del dispositivo atravesó por una serie de cambios que se dieron por considerar los siguientes aspectos:

- La programación: esta debía de estar diseñada de tal manera que no consumiera gran parte de la energía almacenada y que además tuviera tiempos pertinentes. Así que al final hicimos que los ledes del dispositivo se encendieran por 5 segundos (lo que tarda una persona en recorrer 4 metros) cuando una persona se acercara en un radio de 2 metros (en lo que pasa, pero si el sensor sigue detectando algo va a permanecer encendido).
- El método de carga: el ver cómo el dispositivo almacenaría la energía generada. El dispositivo cuenta con una batería de litio de 0.2 A, la cual será la encargada de almacenar la energía producida por las personas que pasen sobre los sensores piezoeléctricos. Esta para cargarse al 100% necesita del paso de 40 personas de 74.8 kg, carga que podrá mantener encendidos los 10 diodos led por 4.6 minutos, ósea 62 ciclos.
- Ambientales: los componentes deben de ser resistentes y no necesitar de mantenimiento constante, es por eso que los elementos electrónicos (los más susceptibles a estropearse por el agua y el polvo) fueron resguardados y cubiertos por materiales que si soportan las inclemencias del clima (PVC).
- La viabilidad en cuanto al costo: necesitábamos de un diseño novedoso, no tan llamativo y económico, ya que el riesgo de robo total o parcial del dispositivo era muy alto. El parámetro para esto y el reto que nos planteamos fue de que el costo total fuera a lo mucho del 50% de lo que el gobierno invierte por cada luminaria \$4,106.00 MXN. (SENER, 2016), objetivo que logramos porque el precio final del dispositivo fue de \$919.82 MXN (21.54% del total). Este se cumplió por aplicar materiales de bajo costo (más detalles en el capítulo 10).
- Fácil de instalar: se logró un diseño entendible para los posibles usuarios, y que bien puede ser montado sin mayor problema en cualquier pared. Esto gracias a las abrazaderas tipo omega que posee el tubo de PVC y al pegamento de las canaletas.

El impacto social que puede llegar a tener el proyecto es que al aplicarse en la comunidad de La Cueva (o en cualquier otra que necesite de alumbrado público) este podría llegar a reducir la delincuencia por la mitad, ya que, de acuerdo a varios artículos que encontramos y como se mencionó en capítulos anteriores: “La implementación de un buen alumbrado público llega a reducir en un 40% la delincuencia” (Belmont, 2017).

Para comprobar este último punto sobre la mejora de seguridad necesitamos implementar el dispositivo en las calles de la comunidad de nuestro beneficiario, para lo cual requerimos de una gran inversión con la que no contamos. Sin embargo, lo que decidimos hacer para constatar el punto de la percepción de seguridad de los habitantes, fue incluir en la encuesta

previamente aplicada una pregunta respecto a que si se sentirían más seguros si mejorara el alumbrado público. Obteniendo así en su mayoría (80%) respuestas afirmativas.



**Gráfico 3.** Fuente propia.

## **Conclusiones individuales sobre el resultado social de la aplicación del PFS**

Gómez Salinas María Fernanda (LII):

El proyecto “LED: potencialidades del efecto piezoeléctrico” es el resultado de un trabajo colaborativo entre las carreras de Ingeniería Industrial e Ingeniería en Mecatrónica. Lo que hicimos fue rediseñar una luminaria que tiene como característica principal el ser energéticamente autosustentable. Esta a diferencia de contar paneles solares (que hoy en día es lo más común) utiliza un conjunto de sensores piezoeléctricos, los cuales transforman la tensión mecánica provocada por los peatones al pasar sobre el disco cerámico de los sensores en energía eléctrica.

La idea de construir una luminaria surgió de querer encontrar una forma en la cual nosotros pudiéramos llegar a reducir la delincuencia de la comunidad La Cueva. Esta problemática nos la planteó nuestro beneficiario, ya que él nos contó que ha llegado a saber de varios casos en los cuales los agentes policiales prefieren no intervenir, por lo mismo que los oficiales consideran poco seguro ir a esa zona después de ciertas horas. Este testimonio fue muy preocupante, por lo que nosotros nos pusimos a investigar sobre qué podíamos hacer para mejorar aunque sea un poco la situación de estas personas. De lo investigado encontramos que existe una fuerte relación entre una buena planeación urbana (en especial el alumbrado público) y la calidad de vida de los habitantes (aumenta la sensación de seguridad por la disminución de actividades ilícitas). Es por lo anterior que nuestra propuesta de una luminaria para solucionar esta problemática me parece bastante acertada.

Las características principales del dispositivo son: utiliza un tipo de energía renovable que ha sido poco empleada a pesar de haber sido descubierta en 1880, es relativamente económica porque el precio final representa solamente el 21.5% del total invertido por el gobierno, cuenta con materiales 100% reciclables, resistentes a las inclemencias del clima y que necesitan de poco o nulo mantenimiento, no representa un obstáculo para los peatones, es compacto y fácil de instalar (intuitivo; tapete en el piso, luces en la pared), tiene un lux de 22.44 cd/m<sup>2</sup> (dejándolo dentro de los 15-25 luxes establecidos por la ley) y se enciende (y mantiene encendida) cuando el sensor ultraónico detecta a alguien en un radio de 2 metros.

Ahora bien, la pregunta aquí es: ¿el proyecto llegaría a reducir la delincuencia en la comunidad de La Cueva? Por lo investigado sí, ya que en varios artículos que mencionamos en capítulos anteriores encontramos casos similares (tanto en México como en otras partes del mundo) en donde implementar un buen alumbrado público llega a reducir la delincuencia hasta en un 40%. Así que el dispositivo teóricamente podría llegar a aplicarse en cualquier lugar que necesite de alumbrado público y reducir la delincuencia de esa zona. Sin embargo, para corroborar esto sería necesario implementar el dispositivo en las calles de la comunidad, para lo cual necesitamos de una gran inversión que no tenemos. Pero de acuerdo a los resultados de la encuesta que aplicamos previamente, la gran mayoría (80%) sí se sentirían más seguros de transitar por las noches si mejorara el alumbrado público.

Rosales Hernández Sofía (LII):

En este proyecto fin de semestre con enfoque social decidimos apoyar a una comunidad de escasos recursos con el tema de alumbrado público. Realizamos estudios en la comunidad La Cueva que nos permitieron conocer su calidad de vida actual, enfocándonos en el desarrollo de actividades nocturnas o percepción de seguridad al transitar cuando la luz es escasa. Condujimos una encuesta a 30 habitantes de La Cueva, en su mayoría personas con más de 30 años y estos estudios nos revelaron que sólo se sienten seguros antes de las ocho de la noche, cuando todavía hay luz; por lo tanto empezamos a diseñar una luminaria para alumbrar las calles.

Al profundizar en la investigación de la inseguridad y su relación con el alumbrado público, encontramos casos en la República Mexicana y América Latina en los que los ciudadanos pedían mejoras en el alumbrado público para poder transitar sin miedo por las calles; incluso las personas piden buen alumbrado público como medida preventiva de cualquier tipo de delito. Asimismo, el estudio realizado en la comunidad nos informó que la mayor parte de los habitantes encuestados sí tendrían mayor percepción de seguridad si el alumbrado público mejorara en calidad y cantidad.

Nos enfocamos en una idea que pudiera ayudar a la comunidad sin tener que invertir demasiado pero con un alto impacto en su calidad de vida, por lo tanto, diseñamos una luminaria que no signifique algún gasto en las personas de la comunidad. Al buscar alternativas de generación de energía nos encontramos con el sensor piezoeléctrico que al ser deformado genera una carga eléctrica. Este sensor llamó nuestra atención al tener una forma muy poco usual de generar energía; igualmente, este efecto y estos sensores todavía no han sido tan utilizados ni estudiados en México, por lo que quisimos implementar esta nueva forma de energía en nuestro proyecto. Conservando el enfoque social, los materiales por los que optamos son de bajo costo y relativamente fáciles de encontrar (tubos PVC, cables, diodos led), así como la fácil instalación del proyecto. También se realizó una investigación para encontrar el mejor tipo de foco para ser empleado en el proyecto, concluyendo que los focos led tienen una amplia lista de ventajas (mayor tiempo de vida útil, menor consumo de Watts, precio relativamente bajo, amigables al medio ambiente, entre otras) comparándolos con los focos incandescentes.

De esta investigación y problemática surgió el proyecto LED, respondiendo a la necesidad de buen alumbrado público. LED pretende demostrar el uso de sensores piezoeléctricos como generadores de energía eléctrica, en este caso dirigiendo esa energía a unos diodos led que ayudarán en la iluminación de la calle. La comunidad no tendrá ningún cargo a su servicio de luz ya que los diodos LED están siendo alimentados por la energía acumulada, generada por los sensores piezoeléctricos cada que algún peatón camina sobre estos. Al mismo tiempo, los espacios sin alumbrado disminuyen, dejando menos espacio y haciendo menos probable que se cometan delitos de cualquier tipo.

Nieto González Francisco Javier (LIM):

En general creo que el proyecto es muy buena idea, pensando en los costos por luminaria que invierte el gobierno y lo que costaría nuestro proyecto, es muy viable además de ser innovador, como cualquier cosa tiene sus pros y contras sin embargo creo que es una muy buena alternativa para utilizar como luminaria.

En cuanto a lo que este proyecto me dejó de conocimientos y experiencias creo que es algo muy positivo, porque pusimos en práctica muchas cosas que vimos en el semestre y semestre anteriores, creo que esa es la finalidad principal de estos proyectos, poner en práctica lo aprendido en el semestre con algo que sea cualitativo y cuantitativo. También aprendí ciertas funciones que hay en algunas herramientas, principalmente electrónicas, ya que en este proyecto utilizamos muchas partes de las cuales yo no tenía mucho conocimiento, también utilizamos nuevos materiales que a diferencia de los proyectos anteriores si fueron más fáciles de trabajar, estos los elegimos gracias a experiencias pasadas en los proyectos fin de semestre que en su mayoría algunos de los materiales no eran de fácil manipulación y complicaba el hacer los proyectos

Este proyecto creo que ha sido una de las mejores experiencias comparándolo con los dos proyectos fin de semestre anteriores y en verdad lo he disfrutado, porque me han quedado como aprendizaje los dos proyectos pasado y creo que he aprendido de nuestros errores y los hemos subsanado, principalmente el del tiempo, porque en proyectos pasados los últimos días estuvimos trabajando mucho los últimos días para poder terminar el prototipo, en cambio esta vez el prototipo se terminó antes de lo esperado y tuvimos mucho tiempo para hacer pruebas, mejorar el diseño, conseguir nuevos materiales y terminar la memoria técnica sin estar tan presionados el último día.

Mi equipo en este proyecto fin de semestre me gustó mucho, aunque sinceramente creo que no todos aportamos lo mismo, siento que yo personalmente no estuve tan involucrado en algunas cosas, pero al final todos terminamos aportando algo para poder terminar el proyecto y que se pueda decir que fue un éxito, me gusto que a pesar de que tuvimos algunas diferencias las dejamos de lado y continuar con el proyecto y lo terminamos en espacio y tiempo que es lo más importante.

En cuanto a la comunidad con la que trabajamos siento que si puede hacer un efecto positivo que fue lo que principalmente nos motivó a trabajar en este proyecto y espero que se cumplan las expectativas tanto como del beneficiario como del proyecto en general.

Pérez Mendoza Marco Antonio (LIM):

Mi reflexión sobre los resultados obtenidos de nuestro proyecto fin de semestre donde usamos los piezoeléctricos fue que un 80% de los encuestados se sienten más seguros con un mejor alumbrado y esto beneficia mucho a la comunidad de La Cueva ya que pueden salir en la noches con un poco mas de seguridad que antes y esto se puede aplicar en cualquier comunidad que no tenga electricidad, también el hecho que nuestro diseño final tenga un coste por debajo del 50% que los que instala el gobierno de alumbrado público facilita que el proceso de compra, ya que por cada una que se compra y se instala actualmente hoy el gobierno instalaría 2 de la nuestras, lo que se traduce en mejor alumbramiento por público ya que habría más unidades de la que hay hoy en día.

Reflexionado sobre las conclusiones que pusimos, se puede denotar que en estas resaltamos los aspectos más importantes sobre lo que requisitos mínimos que tenía que tener nuestro proyecto para poder ser instalado en la intemperie y eso nos ayudó desde un principio ya que la elección de materiales con el objetivo de que fueran baratos y duraderos fue crucial para el desarrollo del prototipo y el diseño final ya que se eligieron materiales que resistiera la intemperie y al paso del tiempo. También la parte de la instalación se pensó mucho ya que queríamos que fuera fácil de instalar para cualquier tipo de personas y se logró ya que la instalación es de hecho, muy fácil en cualquier tipo de pared.

Otro aspecto muy importante que consideramos fue el consumo energético de nuestro prototipo y diseño final ya que la batería que podríamos introducir no podía ser de mucha capacidad (al menos en nuestro prototipo), se hicieron los cálculos necesarios para poder saber la carga necesaria que requería la batería para poderse cargar desde un cero por ciento a un cien por ciento, también tuvimos que seleccionar un modelo de batería que pudiera alimentar el arduino, el sensor ultrasónico, y los leds, obviamente la batería que se usó en el prototipo no será la misma usada en el producto final ya que tiene variaciones considerables de consumo energético.

Para concluir las reflexiones sobre los resultados y conclusiones del proyecto fin de semestre todo nuestro enfoque en el proyecto fue que el producto creado fuera fácil de usar por el usuario sin importar quien sea, que brinde una sensación de seguridad por las noches a la comunidad de nuestro beneficiario y que este fuera duradero, que no requiera un mantenimiento tan exhaustivo y en dado caso que se llegara a dañar se repare en el menor tiempo posible.

Velázquez Lara Aldo (LIM):

Nuestro proyecto de este semestre consiste en que quisimos rediseñar las lámparas de la calle, pensamos en hacer ésto ya que la comunidad con la que estamos trabajando es un lugar con una iluminación muy pobre, esto es algo que aumenta el riesgo de robos en la noche, ya que entre cada luminaria hay una distancia muy grande, de al menos 200 metros.

Hicimos una encuesta a la gente de la comunidad en la que nos dijeron que era un gran problema salir de noche, ya que la gente aprovechaba la falta de iluminación para asaltar a otras personas o para robar comercios, así que de esta encuesta surgió la idea de poner más lámparas y que además fueran más baratas para que así haya más en toda la comunidad sin afectar a su economía.

La manera en la que se va a rediseñar la lámpara es que va a funcionar por medio de sensores piezoeléctricos, estos son sensores que al recibir cierta tensión mecánica, este material (cerámica) tiene la propiedad de polarizarse y generar una cierta carga eléctrica. También se le instaló un sensor ultrasónico a la lámpara para que así el sensor detecte a una distancia de 2 metros si alguien se está acercando, y cuando detecte a alguien, se encienda esta lámpara, y se apagará hasta que el sensor deje de detectar a alguien.

La idea de este proyecto es que la gente que sale por la noche se sienta más segura al salir, que haya testimonios de la gente que digan que la delincuencia ha bajado, o que al menos se sienten más seguros con este nuevo sistema de luz.

Otro aspecto que es importante mencionar es que nuestro proyecto es autosustentable, esto por medio de una batería recargable, mientras va pasando la gente y va pisando los sensores piezoeléctricos, esa carga eléctrica se va a ir directo a la batería, haciendo que la batería nunca se descargue y no necesite estar enchufada a ninguna toma de corriente.

Los materiales que se utilizaron en este proyecto son materiales que fueron pensados para tener alta resistencia al desgaste y que además sean baratos, esto lo hicimos ya que en la zona en la que está la comunidad como se ha mencionado antes, hay mucha delincuencia, por lo que es muy posible que alguien de la comunidad intente robar algo de este proyecto, si algo así pasara, no sería mucho problema reemplazar la lámpara ya que es muy barata comparada a lo que el gobierno invierte en cada una. Incluso la forma en la que está construido la luminaria está pensado para que sea muy difícil que se rompa o que la gente le quite partes, está pegado a la pared y a casi 3 metros de altura por lo que es muy difícil que alguien llegue a dañarlo o robarlo.

## 14. Valoración del proyecto

A pesar de ser el tercer proyecto que elaboramos, este como los otros dos, también resultó ser un reto. Esto principalmente se debió a que fue el primer proyecto en el que trabajamos con personas de una ingeniería diferente, lo cual nos llevó a considerar otros aspectos en el desarrollo del mismo. Lo cual no fue malo, sino que aprendimos de otros temas y perspectivas.

Al inicio surgieron varias ideas, todos contribuimos para determinar qué era lo que íbamos a hacer de proyecto. Pero después de un tiempo (específicamente para la primera entrega) de darle vueltas a las propuestas y de considerar los diferentes aspectos que teníamos que revisar, optamos por la que parecía más sencillo de desarrollar. Cosa que al final no nos ayudó porque causó una falta de información y la integración coherente de cada una de las materias, especialmente gran parte de los resultados de aprendizaje de la materia líder (que en este caso era Termodinámica).

Los problemas que tuvimos en este tiempo se debieron más que nada a la escasez de comunicación y la falta de querer encontrar un espacio en nuestro día para saber: ¿cómo iban los demás?, ¿qué debíamos de cambiar, ¿qué se debía de entregar?, etc. Asimismo, para que no tuviéramos este problema desde un principio acordamos trabajar con documentos compartidos y de crear un grupo de mensaje de texto para saber el progreso que llevaba cada uno de los compañeros. Pero al final algunos integrantes no utilizaron estas plataformas, lo cual causó que no supieran de qué trataba cada cosa, las decisiones que se habían tomado y la corrección constante de varios apartados.

Fuera de eso otro problema que tuvimos fue con los entregables. Creemos que estos deberían de tener otro orden, o bien, en el segundo y el tercer parcial entregar cierto número de capítulos sin importar cuales sean, ya que hubo ocasiones en las que teníamos hechas otras secciones que no debían de entregarse en ese parcial. También cabe mencionar que perdimos tiempo al tener que cubrir con ciertos puntos de los capítulos de la memoria técnica, esto porque teníamos que poner en otras palabras cosas que habíamos puesto anteriormente (ciertos puntos son bastante repetitivos).

Como en cada trabajo en equipo que hemos realizado hasta el momento. Nos queda claro que no siempre vamos a coincidir, ya que cada quien tiene su propio estilo al momento de hacer las cosas. Pero algo que nunca debemos de perder de vista es el mantener el respeto y el reconocer lo que hacen los demás por sacar el trabajo adelante, el sólo enfocarse en los errores de los demás es algo que no sirve de nada si no es para darle un consejo para mejorar. La calidad de este escrito va a depender de quien lo lea, pero lo mínimo que nosotros esperamos es que este sea entendible y que sirva de guía a quien desee continuar con este proyecto de enfoque social.

## 15. Anexos

### Fuentes consultadas

APC (2016) What is PZT? Consultado el 28 de octubre del 2019. Recuperado de American Piezo, sitio web: <https://www.americanpiezo.com/piezo-theory/pzt.html>

Bachelet, P. (2015). Reducir la delincuencia con una línea verde y una luz blanca. Recuperado el 33 de septiembre del 2019, del sitio web BID Mejorando vidas: <https://blogs.iadb.org/seguridad-ciudadana/es/como-una-luz-blanca-y-una-linia-verde-disminuye-la-delincuencia/>

Becerril, R. (2019). Falta de alumbrado público preocupa a los vecinos de la SM 248. Recuperado el 26 de septiembre del 2019, del periódico en línea La Verdad: <https://laverdadnoticias.com/quintanaroo/Falta-de-alumbrado-publico-preocupa-a-vecinos-de-la-SM-248-20190928-0086.html>

Belmont, J. (2017). Un foco de luz que redujo el crimen en casi la mitad. El alumbrado público con luces LED ayuda a combatir la violencia y disminuir los accidentes en Latinoamérica. Recuperado el 3 de septiembre del 2019, del sitio web El País: [https://elpais.com/internacional/2017/07/04/america/149918375\\_8\\_111581.html](https://elpais.com/internacional/2017/07/04/america/149918375_8_111581.html)

Boletín VT, (2010) Materiales Piezoeléctricos. Recuperado de: [https://icono.fecyt.es/sites/default/files/filepublicaciones/bvt\\_mat\\_n3.pdf](https://icono.fecyt.es/sites/default/files/filepublicaciones/bvt_mat_n3.pdf)

Chedraui. (s.f.). Foco Ecovantage 43W Clara Halógeno. 29/10/2019, de Chedraui, sitio web: [https://www.chedraui.com.mx/Departamentos/Hogar/Ferretería/Focos-y-Eléctricos/Foco-Ecovantage-43W-Clara-Halogeno/p/00000000003230129?gclid=CjwKCAjwxt\\_tBRAXEiwAENY8hWDHAHqgBfdYSnxjp6u82\\_Cd4zkBpgPLgOLX-pS7K1XVvO2OrvjsUBoCWzAQAvD\\_BwE&siteName=Sitio+de+Chedraui](https://www.chedraui.com.mx/Departamentos/Hogar/Ferretería/Focos-y-Eléctricos/Foco-Ecovantage-43W-Clara-Halogeno/p/00000000003230129?gclid=CjwKCAjwxt_tBRAXEiwAENY8hWDHAHqgBfdYSnxjp6u82_Cd4zkBpgPLgOLX-pS7K1XVvO2OrvjsUBoCWzAQAvD_BwE&siteName=Sitio+de+Chedraui)

Daniel (2017). Tipos de pilas: guía completa con las pilas y baterías que existen. Consultado el 12 de octubre del 2019. Recuperado del sitio web Actitud ecológica: <https://actitudecologica.com/tipos-de-pilas/>

EcuRed (s.f) Cerámica piezoeléctrica. Consultado el 28 de octubre del 2019. Recuperado de EcuRed, sitio web: [https://www.ecured.cu/Cer%C3%A1mica\\_piezoel%C3%A9ctrica](https://www.ecured.cu/Cer%C3%A1mica_piezoel%C3%A9ctrica)

El Mañana (2019) Mejoran alumbrado público en Reynosa. Recuperado el 26 de septiembre del 2019, del periódico en línea El Mañana: <https://www.elmanana.com/mejoran-alumbrado-publico-en-reynosa-gobierno-municipal-seguridad-iluminacion/4923795>

Fernández, J., Duran, P & Moure, C. (1993) Materiales cerámicos ferroeléctricos y sus aplicaciones. Boletín informativo. Madrid.

Giovannelli, C. (2009). La Cueva | Mapa. Recuperado el 3 de septiembre del 2019, del sitio web mipueblo.mx: <http://www.mapas.mipueblo.mx/nosotros.html>

GNC Calderería (s.f.) Inicio » Soldadura » Propiedades del Cobre. Consultado el 28 de octubre del 2019. Recuperado de GNC Calderería, sitio web: <http://www.gnccaldereria.es/propiedades-del-cobre/>

Guzmán, E. (2010). Materiales para fabricar de los leds . 29/10/2019, de SlideShare sitio web: <https://es.slideshare.net/Ejosias/materiales-para-fabricar-de-los-leds-3969930>

IPC (2004) Conductividad Eléctrica- Cerámicos. Consultado el 18 de octubre del 2019. Recuperado de Institut de Promoció Ceràmica, sitio web: [http://www.ipc.org.es/guia\\_colocacion/info\\_tec\\_colocacion/los\\_materiales/baldosas/caract\\_fis\\_qui/conductividad\\_electrica.html](http://www.ipc.org.es/guia_colocacion/info_tec_colocacion/los_materiales/baldosas/caract_fis_qui/conductividad_electrica.html)

Lenntech B.V. (2019). Cobre - Cu: Propiedades químicas del Cobre - Efectos del Cobre sobre la salud - Efectos ambientales del Cobre, Consultado el 28 de octubre del 2019. Recuperado de Lenntech, sitio web: <https://www.lenntech.es/periodica/elementos/cu.htm>

Lenntech (2019) Cloruro de Polivinilo (PVC). Consultado el 28 de octubre del 2019. Recuperado de Lenntech, sitio web: <https://www.lenntech.es/polyvinyl-chloride-pvc.htm>

Lenntech. (s.f.). Silicio - Si. 29/10/2019, de Lenntech sitio web: <https://www.lenntech.es/periodica/elementos/si.htm>

Marlene, R. A. (14 de Mayo de 2018). *Baterías de litio UNAM*. Obtenido de: [http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Antologia-QES\\_34939.pdf](http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Antologia-QES_34939.pdf)

Martinez, J. (2012). Silicio, germanio y galio . 29/10/19, de SlideShare sitio web: <https://es.slideshare.net/josemartinezsanchez921/silicio-germanio-y-galio-15291615>

NanoDays, (2013). Efecto piezoeléctrico. Recuperado de: [https://www.nisenet.org/sites/default/files/catalog/uploads/spanish/12194/electricsqueeze\\_images\\_13nov13\\_sp.pdf](https://www.nisenet.org/sites/default/files/catalog/uploads/spanish/12194/electricsqueeze_images_13nov13_sp.pdf)

Nuestro México. (2005). La Purísima de La Cueva - Querétaro Arteaga. Recuperado el 10 de octubre del 2019, del sitio web: <http://www.nuestro-mexico.com/Queretaro-Arteaga/Corregidora/Areas-de-menos-de-500-habitantes/La-Purissima-de-la-Cueva/>

Ortega, G. (2016). Origen del efecto piezoeléctrico [ep]. Recuperado el 7/11/2019, del sitio web Research Gate: [https://www.researchgate.net/figure/Figura-3-Origen-del-efecto-piezoelctrico-ep\\_fig2\\_329044693](https://www.researchgate.net/figure/Figura-3-Origen-del-efecto-piezoelctrico-ep_fig2_329044693)

Pelaez, J. (2013). Poli (cloruro de vinilo). Consultado el 28 de octubre del 2019. Recuperado de Slideshare, sitio web.: <https://es.slideshare.net/olivapelaez/pvc-25574816>

PlásticBages (s.f) PVC. Consultado el 28 de octubre del 2019. Recuperado de Plasticbages Industrial, S.L. , sitio web: <http://www.plasticbages.com/caracteristicaspvc.html>

Prieto, M. (2015). Estudio sobre la iluminación pública y su incidencia en el crimen de Nueva York. Recuperado el 3 de septiembre del 2019, del sitio web Smart Lighting: <https://smart-lighting.es/estudio-iluminacion-incidencia-crimen-nueva-york/>

SENER, (2016). Proyecto Nacional de Eficiencia Energética en Alumbrado Público Municipal: Balance 2010-2016. Recuperado de: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/186840/160117\\_Informe\\_de\\_Labores\\_Proyecto\\_Nacional.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/186840/160117_Informe_de_Labores_Proyecto_Nacional.pdf)

Temáticas.org. (2019). Precio Cobre. Consultado el 28 de octubre del 2019. Recuperado de Temáticas.org, sitio web.: <https://tematicas.org/indicadores-economicos/economia-internacional/precios/precio-cobre/>

Van, T. (2017). Halogeno Vs. LED. 29/10/2019, de lampara y luz sitio web: <https://www.lamparayluz.es/blog/halogeno-vs-led/>

Zúñiga, P. (2010). Materiales conductores (y cuál es mejor de ellos). Consultado el 12 de octubre del 2019. Recuperado del sitio web Instalaciones eléctricas residenciales: <https://instalacioneselctricasresidenciales.blogspot.com/2012/10/materiales-conductores.html>

## Mapa conceptual



# Seguridad en la comunidad La Cueva

\*Obligatorio

## 1. Apellido y nombre \*

\_\_\_\_\_

## 2. Género \*

Marca solo un óvalo.

- Mujer  
 Hombre  
 Prefiero no decirlo

## 3. ¿Cuántos años lleva viviendo aquí? \*

Marca solo un óvalo.

- 0 - 10 años  
 11 - 20 años  
 21 - 30 años  
 más de 31 años

## 4. ¿Te sientes seguro en tu colonia? \*

Marca solo un óvalo.

- Sí  
 No  
 A veces

## 5. ¿Cuáles de estas conductas consideras que están más presentes en la comunidad? \*

Marca solo un óvalo.

- Drogadicción  
 Asaltos  
 Robos  
 Otro: \_\_\_\_\_

## 6. ¿Consideras seguro transitar por la calle a cualquier hora? \*

Marca solo un óvalo.

- Sí  
 No

## 7. Si la respuesta en la pregunta anterior fue "no", ¿a partir de qué hora no sale de su casa? \*

Marca solo un óvalo.

- 7:00 pm  
 8:00 pm  
 9:00 pm  
 10:00 pm  
 11:00 pm  
 12:00 am

## 8. Si mejora el alumbrado público de su comunidad, ¿se sentiría más seguro al transitar por la calle? \*

Marca solo un óvalo.

- Sí  
 No  
 Tal vez

	Mujer	Hombre					
--	-------	--------	--	--	--	--	--

2. Género	18	12					
	60%	40%					
	0-10 años	11-20 años	21-30 años	más de 31			
3. ¿Cuántos años lleva viviendo aquí?	4	5	9	12			
	13.33%	16.66%	30%	40%			
	Sí	No	A veces				
4. ¿Te sientes seguro en tu colonia?	19	3	8				
	63.33%	10%	26.66%				
	Drogadicción	Asaltos	Robos	Otros:Peleas			
5. ¿Conductas más presentes?	27	0	2	1			
	90%	0%	6.66%	3.33%			
	Sí	No					
6. ¿Seguro transitar a cualquier hora?	11	19					
	36.66%	63.33%					
	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	No contestó
7. ¿A partir de qué hora ya no?	2	3	1	5	3	5	11
	6.66%	10%	3.33%	16.66%	10%	16.66%	36.66%
	Sí	No	Tal vez				
8. Si mejora el alumbrado ¿se sentiría más seguro?	24	2	4				
	80%	6.66%	13.33%				

**Tabla 12.** Fuente propia

## **Manual de usuario**

Para instalar “LED” es necesario: Un taladro, cinta de precaución y pegamento para PVC.

Instrucciones de armado:

1. Ubique dentro de la caja cada uno de la componentes:
  - a. Piezoeléctrico.
  - b. Canaleta.
  - c. Tubo de PVC.
  - d. Tornillos (4).
2. Extienda el piezoeléctrico en el suelo, y déjelo de tal manera que la canaleta pequeña quede unida sin hacer tanta presión con la canaleta larga.
3. Asegure todos los borde del piezoeléctrico con cinta de precaución.
4. Despegue el papel antiadherente de las canaletas y presiones con fuerza para que estas se adhieran al suelo (la parte corta) y a la pared (la parte larga).
5. Coloque pegamento entre la unión entre las canaletas para que esta quede sellada.
6. Con ayuda del taladro perfora en la pared a la altura que quedaron los hoyos de las abrazaderas del tubo de PVC. Y de cada lado asegure la pieza con dos tornillos.
7. En la unión entre la canaleta y el tubo de PVC aplique pegamento para sellar.

Cualquier problema o desperfecto del aparato, por favor llamar al siguiente número: 442 668 7459

## **Cronograma**

# Cronograma PFS



Resultado del periodo: 1

Plan

Real

Hitos

