

DISEÑO DE UN CIRCUITO CON ARDUINO PARA EL MONITOREO DEL ESTADO DE TEMPERATURA, PRESIÓN, ENERGÍA Y UBICACIÓN DE LAS TORRES DE LUZ NOCTURNA EN MECANICOS ASOCIADOS S.A.S.

*Luis A Caballero Cantillo, 23551813570
Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica
Tecnología en Mantenimiento Electromecánico Industrial
Universidad Antonio Nariño
Sede Riohacha
lcaballero76@uan.edu.co
Director (a)
Deisy Johana Cala Nariño
deisycala@uan.edu.co*

RESUMEN: Este trabajo de grado propuso el diseño de un circuito con Arduino para el monitoreo del estado de temperatura, presión, energía y ubicación de las torres de luz nocturnas en la empresa Mecánicos asociados S.A.S en el contrato de equipo livianos ubicados en los tajos de la mina Cerrejón. Para lograr los objetivos propuestos se realizó una investigación descriptiva. Se determino que las torres quedan fuera de funcionamiento por desconexión de la batería por hurto, alta temperatura que presenta, diferencia de presión y al no contar con un sistema de posicionamiento o ubicación geográfica se pierden los equipos. El diseño del circuito está integrado por un Arduino UNO, tres Switches de entrada, un módulo de GPS, una terminal virtual, tres led indicadores de salidas y un sistema con motor. La programación y simulación del circuito se llevó a cabo utilizando Arduino IDE 2.1.0 y Proteus. El costo del sistema se calculó aproximadamente en \$4.301.869,00 c/u. Finalmente el costo total aproximado incluyendo las 150 torres de luz fue de \$645.280.350,00. Con este diseño se aporta una alternativa para la atención inmediata de las torres de luz que contribuyen a las interrupciones de los diferentes tipos de proceso dispersos que se llevan en la mina, así mismo el técnico puede identificar en el menor tiempo posible la torre de luz que fallo y cual variable.

PALABRAS CLAVE: *Arduino, energía, temperatura, presión, circuito.*

I. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

Para realizar un diseño electrónico donde se desee utilizar el menor número de componentes y, que a su vez pueda ser modificable su funcionamiento por software en futuras versiones, debemos plantear la utilización de un microcontrolador. Un microcontrolador, es un circuito integrado constituido, internamente, por la CPU, Memoria, Entrada/Salida y Oscilador, todo esto encapsulado en un mismo chip de material semiconductor. Principalmente la memoria es del tipo flash que permite reprogramar, cargar una o varias veces el programa software, para que se ejecute las salidas y entradas del microcontrolador según el programa establecido y se mantengan los datos de programación incluso desconectando la tensión de alimentación [1].

Con la aparición de las placas de Arduino, los usuarios expertos y no tan expertos, han visto una oportunidad para explotar su creatividad y realizar proyectos que antes no podían afrontar de una forma tan sencilla, pues se necesitaban de muchos recursos que solamente se lo podían permitir los fabricantes de equipos Hardware en sus departamentos de I+D y Producción. Arduino se ha proclamado como una de las plataformas escogidas

para llevar a cabo proyectos tecnológicos. Esto es así debido a su versatilidad como instrumento para este cometido, por la gran cantidad de sensores que puede incorporar y por los precios que se están alcanzando, o que permite hoy en día a los usuarios tenerlo al alcance de la mano y del bolsillo, destacando también, la facilidad con la que se puede programar e interactuar con el medio que nos rodea [1].

Algunos estudios realizados con Arduino se encuentra el trabajo realizado por Torres (2022) [2] sobre el diseño e implementación de un sistema capaz de automatizar una serie de procesos domiciliarios, como control de temperatura, detección de intrusos, encendido automático de luces, detección de gas y alarmas en cada caso. Todo esto, controlado con una tarjeta Arduino. En el realiza una comparación económica entre sistemas de alarmas y sistemas controlados por placa Arduino. Muestra algunas tarjetas y sensores adecuados para realizar la automatización domiciliaria empleando Arduino.

Otro estudio importante realizado con Arduino es el de Patricio (2015)[3] sobre: el diseño e implementó de un sistema de adquisición de la señal biométrica “temperatura corporal de una persona”, utilizando tecnología móvil (teléfono) - para brindar la posibilidad de transmitir inalámbricamente hacia el teléfono del médico tratante. Se emplearon técnicas de investigación, métodos lógicos y sistémicos para modelar el prototipo, “software” de programación como Arduino 1.5.6 y Lenguaje C Basic, sensor LM35 que se encarga de monitorear la temperatura corporal el módulo Arduino Diecimila, dispositivos electrónicos, LCD para visualizar los mensajes, módulo de transmisión y recepción GSM SIM900 para la comunicación inalámbrica.

Finalmente se presenta el trabajo realizado por rivera (2015) [4]. En este proyecto se presenta un control de iluminación de forma inalámbrica con Arduino y Android desarrollado bajo la necesidad de mostrar a los estudiantes del programa de Tecnología Eléctrica que se puede combinar el conocimiento de la carrera con las nuevas tecnologías como lo es la plataforma Android y así crear nuevos proyectos. Además, se basa en la introducción de un nuevo dispositivo para beneficiar a las usuarios de los dispositivos Android, dándoles una aplicación y un artefacto dinámico, con el cual puedan controlar los

artefactos de su hogar, esto implica control, confort y seguridad hacia las personas.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Correjón, una empresa de Glencore, es una de las operaciones mineras de exportación de carbón a cielo abierto más grandes del mundo. Correjón es un actor importante en la economía de Colombia y de la Guajira, departamento donde desarrolla su actividad productiva. Cuenta con una operación integrada de extracción, transporte ferroviario y exportación desde Puerto Bolívar [5].

La operación integra la explotación, extracción, trituración, lavado, transporte, embarque y exportación de carbón de diversas calidades y es una de las minas a cielo abierto más grande del mundo. El proceso extracción de carbón térmico en la Guajira se desarrolla bajo los más altos estándares de seguridad, salud, medio ambiente y respeto por los derechos humanos, con lo que busca entregar al mercado internacional un producto de la calidad solicitada por los clientes, generando el menor impacto posible sobre las personas y el medio ambiente [6].

La mina cuenta con el taller de mantenimiento de equipos mineros más grande de la industria, en el que realizan revisiones y mantenimiento a los equipos. También cuenta con seis tajos en operaciones y más de 450 equipos mineros camiones y palas [7].

Ante la inmensa extensión con la cual cuenta la mina en sus diferentes tajos, se hace difícil tener un sistema de iluminación utilizando la red convencional de energía eléctrica. Es por ello que la mina cuenta con más de 150 equipos denominados torres de luz, como se muestra en la Figura 1, distribuido en todos sus procesos de operación.

Figura 1. Torres de luz nocturna.



Fuente: [8].

Estas torres de luz cuentan con un mástil hidráulico vertical con cables de alimentación revestidos en tubería flexible Nycoil para eliminar el enredo y el estiramiento del cableado de la torre. Disponible en LED o halogenuros metálicos, este dispositivo proporciona hasta 542 000 lúmenes totales. Manteniendo la eficiencia durante las horas de trabajo con el tanque de combustible de polietileno de 30 galones, que permite trabajar durante la noche.

Sin embargo, estas torres vienen presentando diferentes fallas provocadas por la temperatura, presión, energía (hurto de la batería) y ubicación que las deja fuera de funcionamiento. Por los dispersa, y retiradas que se encuentran estas torres de las oficinas, o centro de control y el no contar con un sistema de monitoreo, no le es posible a la empresa mecánicos asociados S.A.S que tiene el contrato de equipo livianos ubicados en los tajos de la mina Cerrejón determinar a cuál de las variables mencionadas anteriormente obedece la falla.

La anterior situación está interrumpiendo los diferentes tipos de proceso dispersos que se llevan en la mina, al igual que el técnico poder determinar cuál torre de luz fallo y cual variable. Según lo antes expuesto con este trabajo se busca diseñar un circuito con Arduino para el monitoreo del estado de temperatura, presión, energía y ubicación del equipo torres de luz nocturna NIGHT-LITE 6330 en el Cerrejón.

III. JUSTIFICACIÓN

Arduino es una plataforma de electrónica "OPEN-SOURCE"O de código abierto cuyos principios son contar con software y hardware fáciles de usar. Es decir, una forma sencilla de realizar proyectos interactivos para cualquier persona. Arduino es una de las placas más populares del mundo. Su

versatilidad y la infinidad de posibilidades que ofrece la convierten en una de las herramientas de programación más completas del mercado [9].

La enorme flexibilidad y el carácter libre y abierto de Arduino hacen que puedas utilizar este tipo de placas prácticamente para cualquier cosa, desde relojes hasta básculas conectadas, pasando por robots, persianas controladas por voz o tu propia vending machine [10].

Es así que mediante el diseño de un circuito con Arduino para el monitoreo del estado de temperatura, presión, energía y ubicación de las torres de iluminación NIGHT-LITE 6330 en el Cerrejón, se pretende mostrar una forma de vigilancia de la variables en mención, dando una respuesta a las fallas e identificación del servicio de la conectividad del sistema y abordando para ello un sistema económico que se adapte a las necesidades de la empresa. Este proyecto es relevante porque aporta a la solución de la problemática correspondiente a las fallas que viene presentando las torres de luz nocturna, así como la disminución de la interrupción de algunos procesos por falta de iluminación. Por otro lado, que se pueda tener identificados los puntos de ubicación de la torres y que el técnico pueda determinar cuál de las variables fallo, llegar al punto y resolverla directamente.

IV. OBJETIVOS

A. OBJETIVO GENERAL

Diseñar un circuito con Arduino para el monitoreo del estado de temperatura, presión, energía y ubicación de las torres de luz nocturna en Masa Stock.

B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el funcionamiento del circuito de temperatura, presión y energía de la torres de luz nocturna.
- Establecer el tipo de Arduino y los componentes que integran el diseño.
- Realizar el diseño, programación y simulación del circuito electrónico según los componentes y sus especificaciones
- Determinar el costo del sistema y su posible implementación.

V. MARCO TEORICO

4.1. Que es Arduino

Arduino es una placa de circuito impreso con la que, junto con unos componentes electrónicos, un microcontrolador y una serie de pines de entrada y salida, se pueden crear proyectos basados en sistemas electrónicos; esto incluye materias como la robótica, la domótica u otros proyectos de carácter electrónico en los que se puede pensar [11].

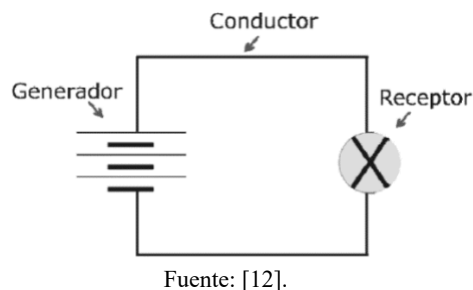
Mediante un lenguaje de alto nivel programaremos el microcontrolador para que ejecute las acciones que deseamos llevar a cabo en el proyecto en cuestión. Todos los esquemas de la placa, diseños y componentes son accesibles para todo el mundo, es decir, son públicos. Esto también implica que podemos desarrollar nuestra propia placa basada en Arduino, y comercializarla si así lo deseamos. Pero cuidado: el hecho de que sea de dominio público no quiere decir que no tenga ningún tipo de licencia. La licencia que emplea Arduino es del tipo GPL. Cumpliendo con los requisitos de esta licencia, se puede llevar a cabo lo expuesto anteriormente [11].

Otro aspecto que se debe tener en cuenta es que el software que se requiere para programar la placa Arduino mediante interfaz USB también es público y gratuito, pudiéndolo descargar de la página web de Arduino.

4.2. Circuito eléctrico

Un circuito eléctrico es un conjunto de elementos conectados de manera que proporcionan al menos un camino cerrado que permite la circulación de los electrones para realizar un trabajo. Si la trayectoria no es cerrada, los electrones no podrán circular [12]. Existen tres elementos básicos que deben existir en todo circuito, tal como se muestran en la Figura 2.

Figura 2. Elementos mínimos de un circuito.



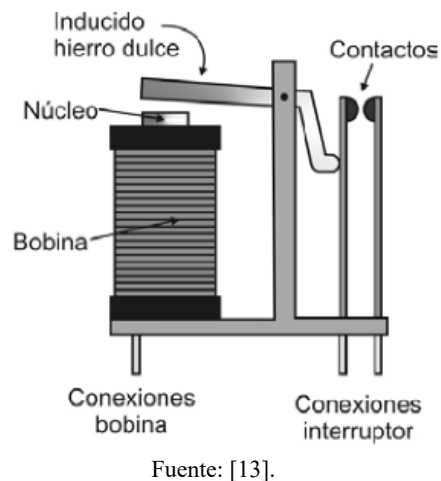
- Un **generador**, que suministre la tensión necesaria para que se dé una corriente eléctrica. Puede ser una pila, una batería o cualquier otro elemento que proporcione una fuente de tensión [12].
- Un elemento **conductor** de la corriente eléctrica, que llevará los electrones desde un extremo de la fuente de voltaje hasta el otro. Pueden ser simples cables que unan los distintos elementos o las pistas de cobre de un circuito impreso [12].
- Uno o varios elementos **receptores**, que se encargarán de convertir la energía eléctrica en otra forma de energía o de transformar una señal eléctrica de un tipo en otro. Puede ser un motor, una bombilla, un altavoz, o cualquier otro elemento [12].

Adicionalmente pueden existir en los circuitos elementos de seguridad y protección, como los fusibles; o de control de la corriente eléctrica, como los interruptores [12].

4.3. Relé

Son interruptores electromecánicos, controlados por la corriente eléctrica. Cuando circula corriente por la bobina se genera un campo magnético que acciona los contactos del interruptor, que vuelven a su posición inicial cuando cesa la circulación de corriente. De este modo puede controlarse un Segundo circuito [13]. En la Figura 3 se muestra la estructura de un relé asociado a un interruptor.

Figura 3. Estructura de un relé asociado a un interruptor.



4.4. Temperatura

Se dice que la temperatura es la intensidad de calor de un objeto. Este tipo de energía calorífica es una medida promedio de la energía cinética de las partículas de la materia; es decir, es la energía asociada a los movimientos de las moléculas del sistema. Esto ocasiona que cuanto mayor sea esta energía, mayor es la temperatura. Existen varios procedimientos utilizados para determinar esta magnitud física, los cuales pueden variar de manera significativa de acuerdo con las condiciones de detección, tipo de elemento u objeto a medir y la precisión requerida [14]. Esta información suele suministrarse en unidades de grados en una escala estándar como:

- Escala Fahrenheit
- Escala Celsius
- Escala Kelvin
- Escala Rankine

4.5. Presión

La presión es una magnitud física escalar representada con el símbolo p , que designa una proyección de fuerza ejercida de manera perpendicular sobre una superficie, por unidad de superficie. La presión relaciona una fuerza de acción continua y una superficie sobre la cual actúa, por lo cual se mide en el Sistema Internacional (SI) en pascales (Pa), equivalentes cada uno a un newton (N) de fuerza actuando sobre un metro cuadrado (m^2) de superficie. En el sistema inglés, en cambio, se prefiere la medida de libras (pounds) por pulgadas (inches) [15].

4.6. Programación

Arduino es una plataforma de creación de electrónica de código abierto, la cual está basada en hardware y software libre, flexible y fácil de utilizar para los creadores y desarrolladores. Esta plataforma permite crear diferentes tipos de microordenadores de una sola placa a los que la comunidad de creadores puede darles diferentes tipos de uso [10].

4.7. Hardware libre

El hardware libre son los dispositivos cuyas especificaciones y diagramas son de acceso público, de manera que cualquiera puede replicarlos. Esto quiere decir que Arduino ofrece

las bases para que cualquier otra persona o empresa pueda crear sus propias placas, pudiendo ser diferentes entre ellas pero igualmente funcionales al partir de la misma base [10].

4.8. Software libre

son los programas informáticos cuyo código es accesible por cualquiera para que quien quiera pueda utilizarlo y modificarlo. Arduino ofrece la plataforma Arduino IDE (Entorno de Desarrollo Integrado), que es un entorno de programación con el que cualquiera puede crear aplicaciones para las placas Arduino, de manera que se les puede dar todo tipo de utilidades [10].

4.9. GPS

GPS Global Positioning System. Es un sistema que permite determinar en toda la Tierra la posición de cualquier objeto. El GPS funciona mediante una red de como mínimo 24 satélites en órbita sobre el planeta Tierra, a aproximadamente 20.000 km de altura, con órbitas distribuidas para que en todo momento haya al menos 4 satélites visibles en cualquier punto de la tierra [16].

La forma estándar de comunicación de un módulo GPS con Arduino es a través de una interfaz serial asíncrona: UART. Cuando el GPS recibe alimentación, envía datos NMEA (u otro formato propietario) en el pin TX. La configuración por defecto del puerto serie, depende mucho del fabricante del módulo GPS. El GPS arroja datos continuamente a través de su puerto serie aunque aún no sea capaz de calcular su posición (GPS fix) [17].

VI. ALCANCE

El alcance de este trabajo fue lograr identificar los estados de las fallas de temperatura, presión y ubicación de las torres de luz nocturnas utilizadas en los tajos de la mina Cerrejón permitiendo así diseñar un circuito con Arduino UNO que permite conocer cuál fue la variable que fallo, dándole la oportunidad al operador técnico de respuesta inmediata y así poder disminuir los tiempos de interrupciones de los diferentes tipos de proceso dispersos que se llevan en la mina.

VII. METODOLOGIA

El presente trabajo de grado se desarrolla bajo el tipo de investigación descriptiva, en el que a través de una revisión de tipo documental e información

de campo se puede establecer de manera clara respuestas a los objetivos específicos formulados. El proyecto se desarrolla en dos fases cada una con sus actividades.

PROCEDIMIENTO:

Fase I. Visitas de campo, sistema de presión y temperatura del equipo.

Actividades:

- Para el diagnóstico del funcionamiento de cada uno de los circuitos se realizaron dos visitas de campo: en la primera se llegó al equipo el cual fue inspeccionado en conjunto con los operadores técnicos y se pudo socializar el funcionamiento de manera general. En la segunda se pudo destapar el equipo reconocer cada uno de los circuitos de temperatura, presión y la ubicación de la batería. Como herramienta de recolección se tomaron fotos y se plasmó en diagrama de flujo del funcionamiento, así como el esquema del circuito.
- Para describir y seleccionar el tipo de Arduino se empezó por una búsqueda de información secundaria en repositorios, bibliotecas y libros en páginas web sobre los aportes teóricos y conceptuales necesarios para el trabajo que han generado autores sobre los tipos de Arduino y sus aplicaciones. Se obtuvieron una serie de los mismo con sus principales características, las cuales fueron analizadas con el fin de identificar cuales se ajustaban a las variables que se obtuvieron de los circuitos en campo y poder seleccionar uno de ellos.
- Una vez que se conoció la información de campo y la selección del tipo de Arduino, se determinaron los tipos de variables identificando el uso de circuitos normalmente abierto y cerrado con los cuales se pudo determinar los componentes que integran el circuito.

Fase II. Diseño, programación y presupuesto.

Actividades:

- Después de determinar la tarjeta de Arduino y el tipo de variables que son manejadas por circuitos normalmente abierto y cerrado se pasó a seleccionar a través de búsqueda de información secundaria el programa Proteus

para el diseño, programación y simulación del circuito según los componentes y sus especificaciones.

- Para determinar el coste del sistema se realizó por medio de una tabla el presupuesto indicando el costo de cada uno de sus componentes y su posible implementación.

VIII. RESULTADOS

7.1 Funcionamiento del circuito de temperatura, presión y energía de la torres de luz nocturna.

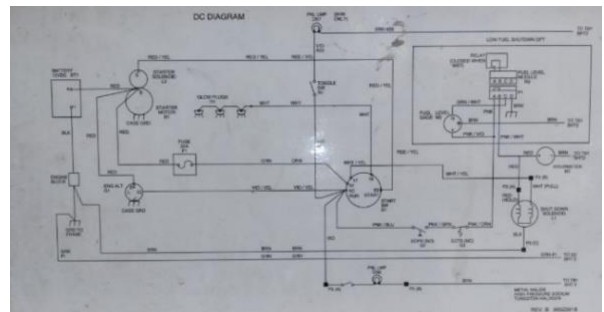
Después de las respectivas visitas de campo evidenciadas desde las Figura 4 hasta la 9, donde se interactuó con los operadores técnicos la torre de luz, se pudo determinar el funcionamiento de los circuitos. Los circuitos principales de temperatura y presión se manejan con dos switches:

Switches del circuito de temperatura es normalmente cerrado, cuando el equipo prende se mantiene en esa posición. Si la temperatura se eleva en el equipo, este circuito se abre y apaga el motor.

Switches del circuito de presión es normalmente abierto, cuando el equipo prende que la presión sube cierra el circuito y mantiene el equipo prendido. Si la presión baja o llega haber una descompensación en la presión de aceite del motor, el circuito se abre para que el motor no se funda.

La batería se encuentra conectada directamente sin ningún elemento que pueda avisar su conexión y desconexión. Con respecto a la ubicación del equipo, no presenta un circuito o elemento que pueda entregar esta información.

Figura 4. Esquema del circuito de presión, temperatura y batería.



Fuente: Tomada en campo.

Figura 5. Inspección de torres nocturna general.



Fuente: Tomada en campo.

Figura 6. Reconocimiento de cada uno de los circuitos torre de luz nocturna.



Fuente: Tomada en campo.

Figura 7. Sensor de presión.



Fuente: Tomada en campo.

Figura 8. Sensor de temperatura.



Fuente: Tomada en campo.

Figura 9. Tablero indicador, master corte de corriente.

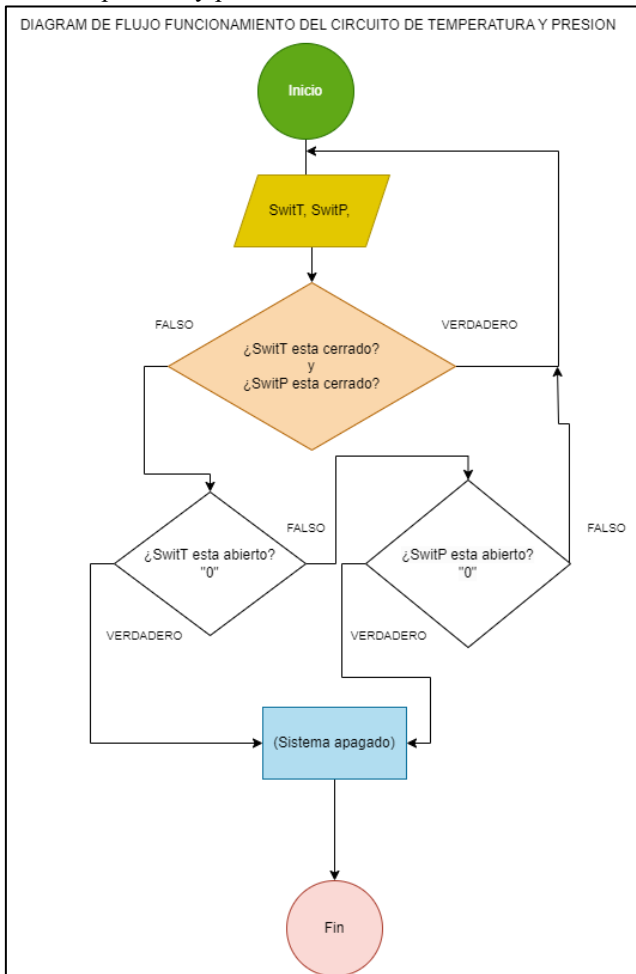


Fuente: Tomada en campo.

DESCRIPCION DEL PROGRAMA ENTRADAS Y SALIDAS DEL CIRCUITO:

Después de recolectar toda la información en campo, se pudo determinar los dos diagramas de flujo de los circuitos, el primero se muestra en la Figura 10 donde el funcionamiento solo abarca el circuito de temperatura y presión. En la Figura 11 se muestra el diagrama de flujo del funcionamiento con todos los circuitos propuestos: presión, temperatura, batería y GPS. En la Tabla 1 y 2 se muestra la descripción de las entradas y salidas del circuito.

Figura 10. Diagrama de flujo del circuito de temperatura y presión actual.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 1. Descripción de las entradas del circuito.

Entradas	Descripción	Tipos de entradas
SwitT	NC – Temperatura.	Binarias "0" y "1"
SwitP	NC – Presión.	
SwitB	NC – Batería.	
Modulo GPS	Envía datos del módulo GPS a través del pin RX.	Datos NMEA

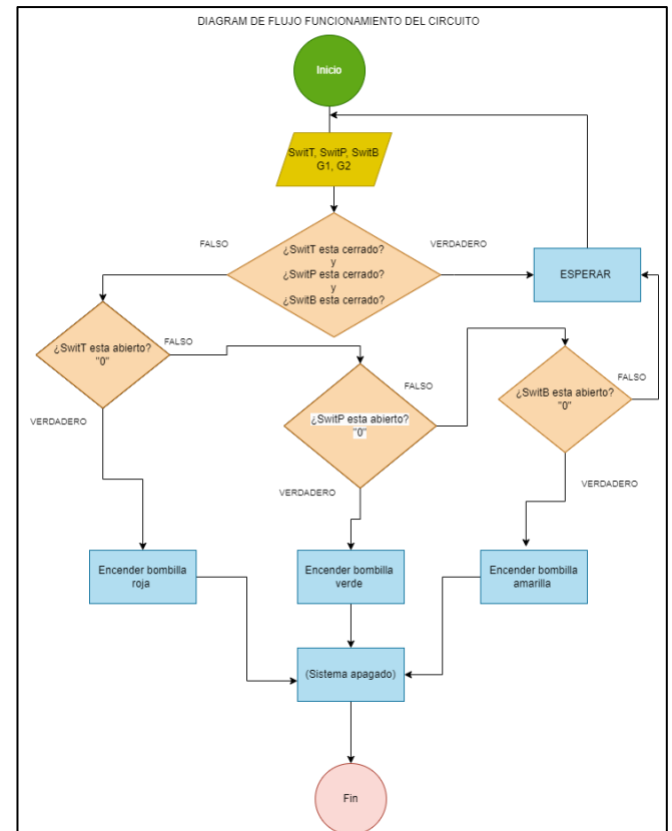
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Descripción de las salidas del circuito.

Salidas	Descripción
Led 1- IAPT	Indicador de apertura por temperatura.
Led 2- IAPP	Indicador de apertura por presión.
Led 3- IAPB	Indicador de apertura por batería.
Motor	Simula la marcha y pare del motor de la torres de luz.
Terminal virtual	Muestra los valores obtenidos del módulo GPS. Enviada por el pin TX de Arduino.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 11. Diagrama de flujo del circuito de presión, temperatura, batería y GPS.

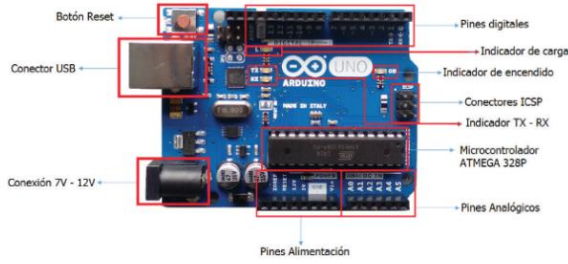


Fuente: Elaboración propia.

7.2 Tipo de Arduino y sus características.

A través de la búsqueda de información secundaria se obtienen los resultados con respecto a las diferentes tarjetas de Arduino más comunes que se encuentran en el mercado. Cada una de ellas es nombrada a continuación. En la Figura 12 se muestra una placa del Arduino UNO con sus diferentes partes.

Figura 12. Arduino UNO y sus partes.



Fuente: [11].

Tabla 3. Principales características del Arduino UNO.

Microcontrolador Atmel.
Modelo: 328P de 8 bits.
Voltaje de funcionamiento: 5 voltios.
Voltaje alimentación externa : de 7 a 12 voltios (los límites son de 6 a 20 voltios).
Número de pines digitales: 14.
Número de pines analógicos: 6.
Memoria flash: 32 KB.
Memoria SRAM: 2 KB.
Memoria EEPROM: 1 KB.
Velocidad de proceso: 16 Mhz.

Fuente: [11].

4.10. Otros tipos de Arduino

Como ya se ha mencionado anteriores, Arduino UNO forma parte de una gran familia de placas Arduino. Estas placas tienen la misma finalidad que Arduino UNO, pero son más potentes o más sofisticadas, o simplemente están destinadas para unos proyectos determinados. Arduino UNO fue la primera placa que se creó para desarrollar proyectos y aplicaciones electrónicas para campos tan diferentes como, por ejemplo, el diseño, la electrónica o la robótica [11].

▪ Arduino Leonardo

La placa LEONARDO está indicada para proyectos en los cuales necesitemos un mayor número de pines. Esto se traduce en la posibilidad de conectar más sensores a esta placa y crear proyectos más completos. También cabe destacar un incremento de 500 bytes en la memoria SRAM, necesaria a la hora de almacenar datos de los resultados de la ejecución de los programas [11].

Figura 13. Arduino LEONARDO.



Fuente: [11].

Tabla 4. Principales características del Arduino LEONARDO.

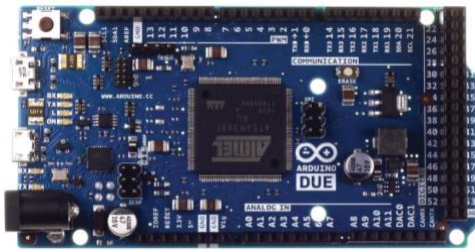
Microcontrolador: Atmel.
Modelo: Atmega32u4 de 8 bits.
Voltaje de funcionamiento: 5 voltios.
Voltaje alimentación externa: FALTA EL DATO
Número de pines digitales: 20.
Número de pines analógicos: 12.
Memoria flash: 32 KB, de los cuales 4 KB son para el bootloader.
Memoria SRAM: 2,5 KB.
Memoria EEPROM: 1 KB.
Velocidad de proceso: 16 Mhz.

Fuente:[11].

▪ Arduino DUE

Arduino DUE tiene una velocidad de proceso mucho mayor que cualquier otra placa de la familia Arduino, haciendo que sea la más potente [11].

Figura 14. Arduino DUE.



Fuente: [11].

Tabla 5. Principales características del Arduino DUE.

Microcontrolador: Atmel.
Modelo: AT91SAM3X8E de 32 bits.
Voltaje de funcionamiento: 3,3 voltios.
Voltaje alimentación externa: de 7 a 12 voltios (los límites son de 6 a 16 voltios).
Número de pines digitales: 54.
Número de pines analógicos: 12.
Memoria flash: 512 KB no compartida.
Memoria SRAM: 96 KB.
Velocidad de proceso: 84 Mhz.

Fuente: [11].

Estas características hacen de Arduino DUE una placa muy potente y versátil. Solamente habrá que tener en cuenta un detalle a la hora de conectar dispositivos que funcionen a 5 voltios, y es que, como se puede observar, el voltaje de funcionamiento de la DUE es de 3,3 voltios.

- Arduino mega 2560

La placa MEGA 2560 incorpora 54 pines digitales y 16 analógicos, lo que, al igual que la placa DUE, nos proporciona la posibilidad de conectar más dispositivos para los proyectos. Esta placa tiene un aumento de la memoria respecto de la UNO, pero no tan sustancial como ocurre con la placa DUE. El microcontrolador es de 8 bits y su velocidad de funcionamiento es de 16 Mhz, al igual que la Arduino UNO [11].

Figura 15. Arduino mega 2560.



Fuente: [11].

Tabla 6. Principales características del Arduino mega 2560.

Microcontrolador: Atmel.
Modelo: Atmega2560 de 8 bits.
Voltaje de funcionamiento: 5 voltios.
Voltaje alimentación externa: de 7 a 12 voltios (los límites son de 6 a 20 voltios).
Número de pines digitales: 54.
Número de pines analógicos: 16.
Memoria flash: 256 KB, de los cuales 8 KB son para el bootloader.
Memoria SRAM: 8 KB.
Memoria EEPROM: 4 KB.
Velocidad de proceso: 16 Mhz.

Fuente: [11].

- Arduino YUN

Esta placa consta de una parte totalmente Arduino, que posee un microcontrolador Atmega 32U4, pines digitales y analógicos y los tres tipos de memoria que incorpora el microcontrolador, tal como se viene observando en las placas anteriores, pero también se han incorporado los bloques básicos de un ordenador, como un procesador, memoria RAM, conectividad Ethernet y Wi-Fi, y una conexión USB 2.0 para conectar teclado y ratón [11].

Figura 16. Arduino YUN.



Fuente: [11].

Tabla 7. Principales características del Arduino YUN.

Microcontrolador: Atmel.
Modelo: Atmega 32U4.
Voltaje de funcionamiento: 5 voltios.
Número de pines digitales: 20.
Número de pines analógicos: 12.
Memoria flash: 32 KB, de los cuales 4 KB son para el bootloader.
Memoria SRAM: 2,5 KB.
Memoria EEPROM: 1 KB.

Velocidad de proceso: 16 Mhz.
Procesador: Atheros.
Modelo: AR9331.
Velocidad de proceso: 400 Mhz.
Voltaje de funcionamiento: 3,3 voltios.
Dispositivo Ethernet: 802.3 10/100 Mbit/seg.
Dispositivo Wi-Fi: 802.11 b/g/n.
Conexión USB 2.0 tipo B para conexión de dispositivos.
Lector de tarjetas: tarjetas micro SD.
Memoria RAM: 64 MB tipo DDR2.
Memoria Flash: 16 MB.

Fuente: [11].

- Arduino micro

Esta placa posee las mismas características que una placa LEONARDO, pero su tamaño es muy reducido, haciéndola apta para proyectos donde el espacio es un factor importante. Los pines que posee no incorporan los zócalos de conexión que tienen las otras placas Arduino, por lo que las conexiones con los cables deberán realizarse mediante soldadura [11].

Figura 17. Arduino micro.



Fuente: [11].

Tabla 8. Principales características del Arduino micro.

Microcontrolador: Atmel.
Modelo: Atmega32u4 de 8 bits.
Voltaje de funcionamiento: 5 voltios.
Voltaje alimentación externa: de 7 a 12 voltios (los límites son de 6 a 20 voltios).
Número de pines digitales: 20.
Número de pines analógicos: 12.
Memoria flash: 32 KB, de los cuales 4 KB son para el bootloader.
Memoria SRAM: 2.5 KB.
Memoria EEPROM: 1 KB.
Velocidad de proceso: 16 Mhz.

Fuente:[11].

Quedan muchas placas Arduino por analizar. Aquí se han mostrado sólo algunas de ellas. A continuación, se detalla una lista de otras placas de la familia Arduino:

- Arduino ETHERNET.
- Arduino FIO.
- Arduino MEGA ADK.
- Arduino ESPLORA.
- Arduino MINI.
- Arduino NANO.
- Arduino LILYPAD (para proyecto textil).
- Arduino PRO MINI.
- Arduino PRO.
- Arduino ROBOT.
- Arduino TRE (aún no está en el mercado).
- Arduino ZERO (aún no está en el mercado).

Como puede observarse, la lista es bastante larga. Es muy posible que, debido al éxito de esta pequeña placa, en los próximos años, el equipo de desarrollo de Arduino diseñe nuevas y mejores placas.

4.11. Módulos y shields para Arduino

Los shields de Arduino son unas placas de circuitería electrónica complementaria a Arduino. De este modo dotamos a nuestra placa de diferentes funcionalidades, pudiendo así crear proyectos más completos y potentes. Por otro lado, también tenemos los denominados módulos. En muchas ocasiones, al intentar conectar un sensor a la placa Arduino debemos conectar a su vez este conector mediante unos componentes electrónicos adicionales (resistencias, condensadores, potenciómetros, transistores...) para su correcto funcionamiento con Arduino [11].

A continuación se presentan algunos de los shields y módulos que se pueden encontrar para Arduino:

Tabla 9. Shields de Arduino.

Conexión Wi-Fi.
Comunicación Bluetooth Xbee.
Controlador de motores CC.
Adaptador para display TFT.
Comunicación GPS/GPRS.
Comunicación GSM.
Reconocimiento de voz.
Conexión con tarjeta SD.

Fuente: [11].

Tabla 10. Módulos de Arduino.

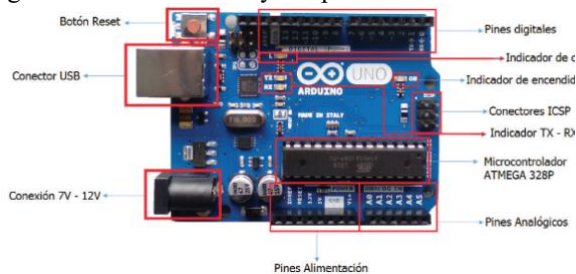
Sensores por ultrasonidos.
Sensores infrarrojos.
Sensor infrarrojo TSOP 3848 para mandos a distancia.
Sensor de movimiento.
RTC, reloj de tiempo real.
Brújula digital.
Acelerómetro.
Sensores de sonido.

Fuente: [11].

7.3 Diseño, programación y simulación del circuito electrónico según los componentes y sus especificaciones.

Una vez determinado el diagrama de flujo, las entradas, salidas y la selección de la tarjeta Arduino UNO este último según la búsqueda de información secundaria sobre los tipos de Arduino y sus características como se muestra en la Figura 18, se realiza el diseño, programación y simulación del circuito utilizando los software Proteus y Arduino IDE 2.1.0. Es importante señalar que las demás tarjetas desde el punto de vista de sus características también responden a las necesidades, sin embargo, la tarjeta Arduino UNO presenta un costo mucho menor, es más comercial y fácil de conseguir.

Figura 18. Arduino UNO y sus partes.



Fuente: [11].

Tabla 11. Principales características del Arduino UNO.

Microcontrolador Atmel.
Modelo: 328P de 8 bits.
Voltaje de funcionamiento: 5 voltios.
Voltaje alimentación externa : de 7 a 12 voltios (los límites son de 6 a 20 voltios).
Número de pines digitales: 14.
Número de pines analógicos: 6.
Memoria flash: 32 KB.

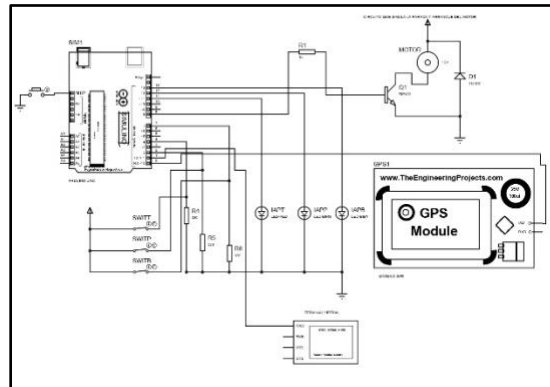
Memoria SRAM: 2 KB.
Memoria EEPROM: 1 KB.
Velocidad de proceso: 16 Mhz.

Fuente: [11].

DISEÑO DEL CIRCUITO:

El diseño del circuito esta conformado por la tarjeta Arduino UNO. Tiene conectado el SwitT NC como entrada al pin 4 simulando la apertura por problemas de temperatura, indicada por el led IAPT conectado como salida en el pin 11. Así mismo el SwitP NC conectado como entrada al pin 2 simulando la apertura por problemas de presión, indicada por el led IAPP conectado como salida en el pin 12. De igual forma el SwitB NC conectado como entrada al pin 7 simulando la apertura por problemas de batería, indicada por el led IAPB conectado como salida en el pin 13. En los tres casos anteriores el motor conectado como salida en el pin 8 se para cuando ocurre la situación. Finalmente se conecta el módulo GPS [18] como entrada al pin 0 y una terminal virtual como salida al pin 1 obteniendo la latitud y longitud del equipo. La Figura 19 muestra en el diseño del circuito.

Figura 19. Diseño del circuito.



Fuente: Elaboración propia.

PROGRAMACION:

La programación para el circuito esta fue realizada en la plataforma de Arduino IDE 2.1.0 y está compuesta por dos partes de manera general: la primera correspondiente al circuito de los switches de entradas, led y motor de salida. La segunda [19] enfocada al módulo del GPS. Tal como se muestra en la Figura 20.

Figura 20. Programación en Arduino IDE 2.1.0.

```

1 #include <InpGPS.h>
2 InpGPS gps;
3 const int pinbutton1=4;//SWIT
4 const int pinled1=11;//led-IAPT
5 const int pinbutton2=2;//SWIT
6 const int pinbutton3=7;//SWIT
7 const int pinled2=13;//led-IAPP
8 const int pinled3=13;//led-IAPP
9 const int pinmot=8;
10
11 void setup() {
12   Serial.begin(9600);
13   Serial.print("Simple InpGPS v.1"); Serial.print(InpGPS::library_version());
14   Serial.println("Verificando GPS");
15   Serial.println("Desarrollado por Luis Carrillo");
16   Serial.println();
17   pinMode(pinled1,OUTPUT);//pin led como salida
18   pinMode(pinbutton1,INPUT);//declarado como entrada
19
20   pinMode(pinled2,OUTPUT);//pin led como salida
21   pinMode(pinbutton2,INPUT);//declarado como entrada
22   pinMode(pinled3,OUTPUT);//pin led como salida
23   pinMode(pinbutton3,INPUT);//declarado como salida
24   pinMode(pinmot,OUTPUT);//salida al motor
25
26 }
27
28 void loop() {
29   bool newData = false;
30   unsigned long chars;
31   unsigned short sentences, failed;
32
33   // por un segundo analizamos los datos del GPS e imprimamos algunos valores clave
34   for (unsigned long start = millis(); millis() - start < 1000;)
35   {
36     while(Serial.available())
37     {
38       char c = Serial.read();
39       //Serial.print(c);
40       if (gps.encode(c))
41         newData = true;
42     }
43   }
44
45   if (newData) // si newData es true
46   {
47     float flat, ftime;
48     unsigned long ams;
49     gps.get_pos(&flat, &ftime, &ams);
50     Serial.print("Latitude =");
51     Serial.print(flat == TinyGPS::GPS_TIMEOUT ? "R.A. : flat, a");
52     Serial.print("Longitude =");
53     Serial.print(fime == TinyGPS::GPS_TIMEOUT ? "R.A. : ftime, a");
54   }
55
56   Serial.println("-----");
57   if (chars == 0)
58     //Serial.println("No recibimos caracteres del GPS, verifícanos cable de conexión");
59
60   if(digitalRead(pinbutton1)==HIGH && digitalRead(pinbutton2)==HIGH && digitalRead(pinbutton3)==HIGH)
61     digitalWrite(pinled1,HIGH);//motor encendido
62   if(digitalRead(pinbutton1)==LOW)
63     digitalWrite(pinled1,LOW);//motor apagado
64   }
65
66   digitalWrite(pinled2,HIGH);//switch abierto
67
68   if(digitalRead(pinbutton2)==LOW){
69     digitalWrite(pinled3,HIGH);//switch cerrado
70     digitalWrite(pinmot,LOW);//motor apagado
71   }
72
73   else{
74     digitalWrite(pinled2,LOW);//switch abierto
75   }
76   if(digitalRead(pinbutton3)==LOW){
77     digitalWrite(pinled3,HIGH);//switch cerrado
78     digitalWrite(pinmot,LOW);//motor apagado
79   }
80   else{
81     digitalWrite(pinled3,LOW);//switch abierto
82   }
83
84 }

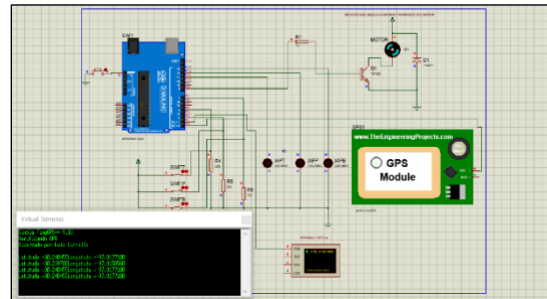
```

Fuente: Elaboración propia.

SIMULACION:

La simulación del circuito se llevo acabo en el software de Proteus como se señaló anteriormente. En la Figura 21 se muestra el circuito en funcionamiento normal, donde los switches están NC el motor está moviéndose y el módulo de GPS está enviando información de latitud y longitud que se está visualizando en la terminal virtual.

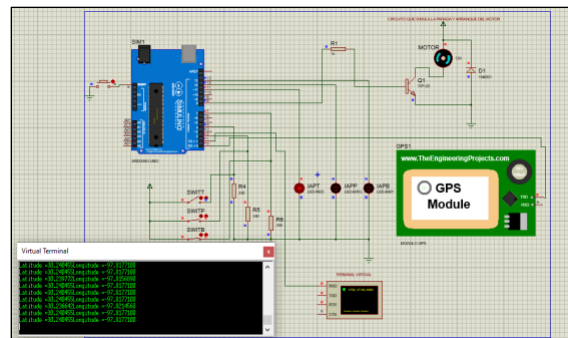
Figura 21. Simulación GPS y circuito funcionamiento normal.



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 22 se muestra la simulación del circuito GPS funcionando normal, pero se observa que el SWIT1 está NO y el indicador IAPT prendido lo cual denota una parada del motor por problema de temperatura.

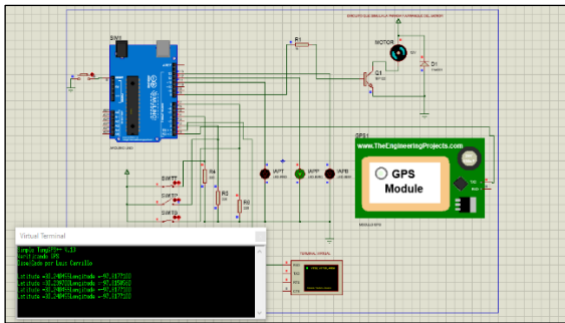
Figura 22. Simulación circuito GPS y desconexión por temperatura.



Fuente: Elaboración propia.

La Figura 23 muestra la simulación del circuito GPS funcionando normal, pero se observa que el SWITP está NO y el indicador IAPP prendido lo cual denota una parada del motor por problema de presión.

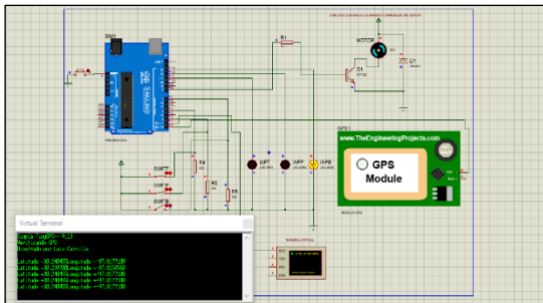
Figura 23. Simulación circuito GPS y desconexión por presión.



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 24 se muestra la simulación del circuito GPS funcionando normal, pero se observa que el SWITB está NO y el indicador IAPB prendido lo cual denota una parada del motor por problema de desconexión de batería.

Figura 24. Simulación circuito GPS y desconexión por batería.



Fuente: Elaboración propia.

7.4 Costo del sistema y su posible implementación.

Después de obtener el diseño del circuito con sus respectivos componentes que lo integran, se proyecta el presupuesto que se muestra en la Tabla 12 considerando tres partes, la primera relacionada con el montaje del circuito en laboratorio y realizar las pruebas necesarias, segunda el montaje del sistema completo en una caja de aluminio y tercero la obra de mano necesaria para realizar las dos anteriores. Este presupuesto corresponde a un solo diseño y armadura del circuito que al multiplicarlos por la cantidad de luz de torres que cuenta la empresa arroja el total aproximado. Para una posible implementación se debe contar con las condiciones económicas para desarrollar las tres etapas anteriormente mencionada.

Tabla 12. Presupuesto del sistema.

Item	Descripción	Cantidad	Unidad	Valor Unitario	Valor Total
1	Arduino Uno R3 Leonardo Original Micro Usb + Cable Usb	1	UND	\$ 64.220,00	\$ 64.220,00
2	Modulo Sim808 Con Antena Gsm Y Gps Arduino Satellite Celular	1	UND	\$ 129.740,00	\$ 129.740,00
3	Diodo Led 3mm Pack	10	UND	\$ 676,00	\$ 6.760,00
4	Rele De 5 Pines 5v/dc 10a	3	UND	\$ 5.590,00	\$ 16.770,00
5	Protoboard 1660 Puntos Zy-204 Doble	1	UND	\$ 67.600,00	\$ 67.600,00
6	Pistola De Soldar 2 Temperaturas Cautín 140 W Truper	1	UND	\$ 205.270,00	\$ 205.270,00
7	Soldadura Estaño Tech 100gr 1mm 60/40 + Pomada La Única 8gr	1	UND	\$ 66.300,00	\$ 66.300,00
8	Desoldador Extractor De Soldadura Proskit 8pk 366n	1	UND	\$ 70.070,00	\$ 70.070,00
9	Lámina Bakelita Para Pcb Virgen De 50 X 50 Cm	1	UND	\$ 84.500,00	\$ 84.500,00
10	Cloruro Ferrico 30gr (acido Para Pcb)	1	UND	\$ 7.150,00	\$ 7.150,00
11	Multimetro Digital Uni-t Ut39c+ Multiuso Transistores Buzzer	1	UND	\$ 164.060,00	\$ 164.060,00
12	Batería Pila 9v Voltios 250mah Recargable Beston Original	2	UND	\$ 44.460,00	\$ 88.920,00
13	Fuente De Poder Regulable Baku 1502dd / 15v - 2a	1	UND	\$ 179.270,00	\$ 179.270,00
14	Mototool Motortool Profesional Guaya + 183 Accesorios Velocidad Variable	1	UND	\$ 219.700,00	\$ 219.700,00
15	Papel Termotransferible Circuitos Impresos X 7 Hojas Pcb	2	UND	\$ 10.400,00	\$ 20.800,00
16	Prensa Tercera Mano Para Circuitos Impresos, Ayudante	1	UND	\$ 70.200,00	\$ 70.200,00
17	Plancha Termotransferible 38x38	1	UND	\$ 1.820.000,00	\$ 1.820.000,00
18	Suiche Pulsador Sin Retención 4 Pines Arduino	5	UND	\$ 312,00	\$ 1.560,00
19	Software Proteus Professional + Arduino	1	UND	\$ 325.000,00	\$ 325.000,00
20	Cables Jumpers Arduino 20cm (40 Cables) M-m, H-h, H-m	1	UND	\$ 13.000,00	\$ 13.000,00
21	Placa De Circuito Pcb Instrumento Aluminio Caja De Enfriamiento	1	UND	\$ 289.900,00	\$ 289.900,00
TOTAL SIN MANO DE OBRA					\$ 3.910.790,00
MANO DE OBRA (10%)					\$ 391.079,00
COSTO TOTAL DE UN CIRCUITO					\$ 4.301.869,00
TORRES DE LUZ APROXIMADAS					150
COSTO TOTAL DE LOS 150 CIRCUITO					\$ 645.280.350,00

Fuente: Elaboración propia.

A. UBICACIÓN DENTRO DE LAS LÍNEAS DE TRABAJO DEL PROGRAMA

El trabajo de grado se desarrolla sobre la línea de investigación automatización.

B. USUARIOS DIRECTOS Y FORMAS DE UTILIZACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL PROYECTO

Los beneficiarios del proyecto en un primer momento es la mina Cerrejón a través de las torres de luz nocturnas que utilizan en los diferentes tajos. Y en segundo lugar la comunidad académica, que puede ser referenciado en trabajos de investigación posteriores.

X. CONCLUSIONES

Tras las visitas de campo que se realizaron, se pudo comprobar que, tal como está el funcionamiento de los circuitos no se tiene unos elementos que contribuyan a la tarea que realiza el técnico operador para determinar en el menor tiempo posible porque fue la falla, así como un sistema que asegure la ubicación de las torres y su desconexión por robo de batería.

La tecnología relacionada con las tarjetas Arduino ha evolucionado mucho, se puede encontrar una variedad de ellas con características totalmente necesaria para realizar cualquier aplicación de automatización de un proceso. Otro punto importante son sus costos y manuales de funcionamiento bastantes asequibles a la comunidad en general, así como su libre utilización con responsabilidad.

Conociendo el funcionamiento de los circuitos, estipulando un diagrama lógico, definiendo las entradas, salidas y componentes se pudo diseñar el circuito utilizando Proteus. Un diseño bastante claro y sencillo de comprender dando respuesta a la lógica y necesidades planteadas.

El diseño del circuito quedó integrado por un Arduino UNO, tres switches de entrada, un módulo de GPS, una terminal virtual, tres led indicadores de salidas y un sistema con motor.

A través del software Arduino IDE 2.1.0, y la ayuda de algunos códigos, librerías predeterminadas se pudo realizar una simulación del programa armado por dos partes unidas de manera general.

Afortunadamente con el enlace que se puede realizar entre Proteus y la programación en Arduino IDE 2.1.0 se llevó a cabo la simulación del circuito, mostrando el funcionamiento de la lógica presentada y que muestra una forma como sería el comportamiento del circuito con una posible implementación.

El costo del sistema se calculó aproximadamente en \$4.301.869,00 c/u considerando tres partes, el montaje del circuito en laboratorio y realizar las pruebas necesarias, montaje del sistema completo en una caja de aluminio y tercero la obra de mano. Finalmente el costo total aproximado incluyendo las 150 torres de luz fue de \$645.280.350,00.

XI. BIBLIOGRAFIA

- [1] J. Miguel and C. Castillo, "Mis Proyectos con Arduino," 2017, [Online]. Available: <http://myelectronic.mipropia.com/Mis proyectos/Mis Proyectos con arduino.pdf?i=1>.
- [2] A. S. T. Carrasco, "CONTROL DOMOTICO USANDO ARDUINO MEGA-2560," 2022.
- [3] W. P. Hidalgo Guacho, "Diseño e implementación de un sistema de adquisición de señales biométricas mediante mensajes sms," p. 130, 2015, [Online]. Available: <http://dSPACE.espoeh.edu.ec/bitstream/123456789/3790/1/98T00060.pdf>.
- [4] S. R. GALVIS, "CONTROL DE ILUMINACION DE FORMA INALÁMBRICA CON ARDUINO Y ANDROID," 2015.
- [5] Cerrejón, "Cerrejón Minería Responsable," *Cerrejón*, 2023. .
- [6] Cerrejón, "Cerrejón Minería Responsable," <https://www.cerrejon.com/>, 2023. <https://www.cerrejon.com/nuestra-operacion>.
- [7] Cerrejón, "Cerrejón Minería Responsable," www.cerrejon.com, 2023. <https://www.cerrejon.com/nuestra-operacion/mina>.
- [8] Allmand, "Torres de luz Night-Lite Pro II® Serie V ®," <https://www-allmand-com>., 2023. https://www-allmand-com.translate.google.com/na/en_us/product-catalog/light-towers/nightlite-pro-ii-vseries.html?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=sc.
- [9] Nicholas Zambetti under the Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0, "¿Sabes qué es un Arduino y para qué sirve?," *fundacionaquae*, 2020. <https://www.fundacionaquae.org/wiki/sabes-arduino-sirve/#:~:text=¿Para qué sirve un Arduino,hardware como con el software>.
- [10] Y. FERNÁNDEZ, "Qué es Arduino, cómo funciona y qué puedes hacer con uno," *xataka.com*, 2022. <https://www.xataka.com/basics/que-arduino-como-funciona-que-puedes-hacer-uno>.
- [11] P. P. López, *Robótica y domótica básica con Arduino*, RA-MA Edit. Paracuellos de Jarama, Madrid, 2015.
- [12] D. A. Brihuega, *Electricidad básica*, RA-MA Edit. Paracuellos de Jarama, Madrid, 2014.
- [13] D. A. Brihuega, *Electrónica básica*., Rama Editio. 2010.
- [14] L. G. C. Ramírez, G. S. A. Jiménez, and J. M. Carreño, *Sensores y actuadores: aplicaciones con Arduino*, Grupo Edit. Mexico, 2016.
- [15] E. C. L. D. Argentina., "'Presión'.," *Concepto.de.*, 2021. <https://concepto.de/presion-2/>.
- [16] R. Lozano, "GPS con arduino ublox," *taloselectronics.com*, 2020. <https://www.taloselectronics.com/blogs/tutoriales/gps-con-arduino-ublox>.
- [17] geekfactory.mx, "Shield o módulo GPS con Arduino: Introducción," *geekfactory.mx*, 2017. <https://www.geekfactory.mx/tutoriales-arduino/shield-o-modulo-gps-con-arduino/#:~:text=La forma estándar de comunicación,del fabricante del módulo GPS>.

- [18] theengineeringprojects, "Biblioteca de GPS para Proteus," *theengineeringprojects*, 2015. <https://www.theengineeringprojects.com/2015/12/gps-library-proteus.html>.
- [19] 2k Electronics in tamil, "Connecting GPS with Arduino/GPS simulation in Proteus/how to connect GPS to Arduino in tamil." 2021, [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=EibGRIZ-ojI>.