

Práctica empresarial en la empresa SERMECOL LTDA apoyando al desarrollo y organización de proyectos de sistemas fijos de detección y monitoreo de gases para implementar en la industria minera y petrolera en Colombia

Hernández Roa Silvia Juliana

Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Mecatrónico

Sandoval Niño Kelly Johanna

Directora

Ing. Mecatrónica

Especialista en Automatización Industrial

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

División De Ingenierías Y Arquitectura

Facultad De Ingeniería Mecatrónica

2023

Dedicatoria

Quiero dedicar este logro a toda mi familia, a mis padres Claudia Patricia Roa Rodríguez y Héctor Arnulfo Hernández Pérez darles las gracias por su apoyo incondicional, comprensión y consejos dados durante todo mi proceso de aprendizaje, por ayudarme a crecer tanto personal como profesionalmente y darme fuerza para seguir día a día esforzándome por mis metas. Son mi motor de vida más grande.

A todas las personas que aportaron en mi proceso y me ayudaron a formar la persona que soy hoy en día, les agradezco por haberme brindado amor, comprensión, apoyo y regalarme tiempo de compartir con ustedes. En especial quiero agradecerles a dos personas que estuvieron desde el principio hasta el final en todo mi aprendizaje, en altas y bajas y que de distintas formas fueron mi soporte para seguir adelante. Ha Moisés Arias Rodríguez mi amigo, compañero y guía, quien admiro por su dedicación y me brindo la fuerza para esmerarme día a día y me enseñó que siempre hay una solución ante cualquier adversidad. Ha Daniel Espinel por ser mi amigo y cómplice, por acompañarme en cada una de mis etapas y regalándome felicidad día a día.

Agradecimientos

Primero quiero agradecer a Dios por permitirme llegar a este punto, por guiarme en cada decisión y poner en mi camino personas que me han ayudado en este proceso haciéndolo más fácil y llevadero. A mi familia, hermanos, tíos, amigos y profesores quienes me apoyaron de manera incondicional en cada etapa de mi carrera universitaria.

A la universidad Santo Tomas por ofrecer una educación de buena calidad en el programa de ingeniería mecatrónica, donde los conocimientos adquiridos tanto profesionales como éticos ayudan al ingreso al campo laboral. También al cuerpo docente de dicha facultad por brindar un espacio amigable, haciendo del aula de clases un lugar para compartir conocimientos, experiencias y enseñarnos a superar nuestras expectativas.

Por último, quiero agradecer a la empresa Servicio Mecatrónico de Colombia LTDA - Sermecol LTDA - por permitirme desarrollar mis prácticas profesionales, donde gracias a que me compartieron sus conocimientos, habilidades y experiencias he podido crecer profesional y personalmente, enseñándome la importancia de trabajo en equipo, la organización, la capacidad de dar soluciones y expresar ideas de manera clara.

Le agradezco al ing. Leonardo Rodríguez por apoyarme en mi proceso profesional, por confiar en mí y darme la oportunidad de desempeñarme en la industria. Al ingeniero Miguel Ángel Reyes por abrirme las puertas de su empresa, compartir sus conocimientos conmigo, orientarme y enseñarme distintas habilidades que me han permitido en mi proceso profesional y ético.

Contenido

Introducción	8
1. Práctica empresarial en la empresa SERMECOL LTDA apoyando al desarrollo y organización de proyectos de sistemas fijos de detección y monitoreo de gases para implementar en la industria minera y petrolera en Colombia.....	9
1.1 Planteamiento del problema.....	9
1.2 Justificación.....	9
1.3. Objetivos.....	10
1.3.1 Objetivo general	10
1.3.2 Objetivos específicos.....	10
2. Reseña de la empresa	11
3. Marco conceptual.....	12
4. Plan de trabajo.....	15
5. Desarrollo.....	16
5.1. Primera etapa.....	17
5.2. Segunda etapa.....	21
5.3. Tercera etapa	23
5.3.1. Programación de PLC.....	23
5.3.2. Manejo de medidores de ceniza.....	24
5.3.3. Programación Excel.....	25
5.3.4. Calibración detectores de gases portátiles y fijos.....	28
6. Conclusiones	29
Referencias.....	31

Lista de figuras

Figura 1. <i>Plan de trabajo</i>	15
Figura 2. <i>Áreas clasificadas</i>	16
Figura 3. <i>Planos topográficos enviados por los clientes donde se evidencia ubicación de la bocamina, inclinados, niveles y tambores de ventilación</i>	17
Figura 4. <i>Planos topográficos enviados por los clientes donde se evidencia ubicación de la bocamina, inclinados, niveles y tambores de ventilación</i>	17
Figura 5. <i>Sistema SCADA</i>	19
Figura 6. <i>Gabinete principal</i>	19
Figura 7. <i>Cajas a prueba de explosión, circuito de potencia y de control</i>	20
Figura 8. <i>Detector de gas fijo para la medición de dos gases</i>	20
Figura 9. <i>Planos de control y potencia de las cajas a prueba de explosión</i>	21
Figura 10. <i>Tabla de pre – comisionamiento</i>	22
Figura 11. <i>Medidor de ceniza – Ash Probe</i>	25
Figura 12. <i>Datos a ingresar en software SCADA</i>	26
Figura 13. <i>Datos iniciales en el software Excel</i>	26
Figura 14. <i>Datos después de pulsar el botón de generar informe</i>	27
Figura 15. <i>Hoja “Oxigeno” con sus datos y alarmas</i>	27
Figura 16. <i>Historial de eventos</i>	28
Figura 17. <i>Estaciones de calibración para detectores portátiles</i>	29

Resumen

La empresa SERMECOL LTDA se dedica al desarrollo e implementación de sistemas de monitoreo de gases en industrias de minería y petróleo, en donde se manejan diferentes proyectos con detectores de gases fijos y portátiles los cuales se enlazan con sistemas SCADA para su control y revisión, en el área de ingeniería se requiere un apoyo en divisiones de programación, creación de planos eléctricos, de potencia y de control, elaboración de datos e informes y en la redacción de manuales de funcionamiento de los sistemas entregados a satisfacción del cliente. Por lo tanto, como objetivo específico fue desarrollar las actividades requeridas por el equipo de trabajo en el área de automatización industrial apoyando con la planificación, desarrollo e implementación de los proyectos a realizar. Este objetivo se fue cumpliendo con retroalimentación del funcionamiento, equipos manejados y puntos críticos en una mina subterránea y petroleras en Colombia. Al finalizar este proceso, se obtuvieron conocimientos claves de áreas clasificadas, equipos utilizados en ellas, capacidad de lógica de programación en distintas marcas de PLC, reconocimiento de convertidores de medio y funcionamiento de detectores de gases fijos y portátiles.

Palabras claves: áreas clasificadas, detectores de gases, automatización, SCADA, minería subterránea.

Abstract

The company SERMECOL LTDA is dedicated to the development and implementation of gas monitoring systems in mining and oil industries, where different projects are handled with fixed and portable gas detectors which are linked to SCADA systems for control and review, in the engineering area support is required in programming divisions, creation of electrical, power and control drawings, data and report preparation and in the drafting of operating manuals of the systems delivered to customer satisfaction. Therefore, the specific objective was to develop the activities required by the work team in the industrial automation area, supporting with the planning, development and implementation of the projects to be carried out. This objective was fulfilled with feedback of the operation, equipment handled and critical points in a subway mine and oil companies in Colombia. At the end of this process, key knowledge of classified areas, equipment used in them, programming logic capacity in different PLC brands, recognition of media converters and operation of fixed and portable gas detectors were obtained.

Keywords: classified areas, gas detectors, automation, SCADA, subway mining.

Introducción

La implementación de sistemas de automatización industrial y la medición de datos en tiempo real en algunas áreas de la industria como la minería subterránea y el petróleo ha sido compleja, puesto que se necesita medir datos en zonas bajo tierra o de difícil acceso, donde para empezar los equipos deben ser especiales tanto en su armadura como en su composición física y electrónica ya que al ser zonas que manejan gases, vapores o líquidos peligrosos se debe tener la precaución de cumplir con todas las medidas de seguridad. La empresa SERMECOL LTDA – Servicio Mecatrónico de Colombia - cuenta con el conocimiento adecuado para la instalación sistemas de detección y monitoreo de gases en áreas clasificadas, en donde trabaja como proveedor de sensores y equipos, mantenimiento, soporte, instalación y calibración de los mismos. Realizar las prácticas en esta empresa ha sido gratificante, ya que los conocimientos generales que se tienen acerca de uno de los campos más fuertes de la industria colombiana son básicos y en algunas ocasiones estas labores son juzgadas sin conocer el esfuerzo que cada una de las empresas de minería subterránea y extracción de petróleo hacen para garantizar la seguridad y salud de sus trabajadores y mantener un medio ambiente equilibrado.

El presente informe detalla los aportes realizados durante el periodo de prácticas desarrollado con la empresa Servicio Mecatrónico de Colombia en el cual se aportó a la integración de sistemas automatizados de detección de gases para la seguridad y salud de los trabajadores de las minas subterráneas de Colombia, se llevaron a cabo labores como: calibración de detectores de gases portátiles y fijos, programación de PLC's, diseño de planos con componentes en soporte al área de venta y diseño de circuitos para tableros eléctricos.

1. Práctica empresarial en la empresa SERMECOL LTDA apoyando al desarrollo y organización de proyectos de sistemas fijos de detección y monitoreo de gases para implementar en la industria minera y petrolera en Colombia

1.1 Planteamiento del problema

Actualmente la empresa SERMECOL LTDA se dedica al desarrollo e implementación de sistemas de monitoreo de gases en industrias de minería y petróleo, para esto utilizan instrumentos de hardware y software como PLC's, sensores, cámaras, actuadores, HMI y software SCADA. Sin embargo, la empresa requiere un apoyo en áreas de programación, creación de planos eléctricos, de potencia y de control, elaboración de datos e informes y en la redacción de manuales de funcionamiento de los sistemas entregados a satisfacción del cliente. Este problema se presenta continuamente ya que la empresa tiene gran parte del personal trabajando en campo y esto ha sido un obstáculo para desarrollar los trabajos en oficina, trayendo consigo un retraso en entregas de proyectos.

1.2 Justificación

De acuerdo con la problemática existente, la empresa SERMECOL LTDA requiere de un Ingeniero Mecatrónico para reforzar y apoyar en la prestación de servicios en la programación de PLC, en conocimientos técnicos y básicos para el desarrollo y montaje de nuevos proyectos, en el desarrollo de planos eléctricos y de potencia y en el seguimiento de anteproyectos, proyectos, cotizaciones y presupuestos de las obras. El Ingeniero Mecatrónico podrá fortalecer y aplicar sus habilidades de investigación, innovación y tecnología al estar relacionado con el servicio a la industria y la comunidad general, ya que estando allí, tendrá la posibilidad de conocer más sobre

los retos y necesidades de los procesos de la industria, fomentando la creatividad e innovación para dar respuesta a estos desafíos, experimentando todas las variables que intervienen en el ejercicio profesional, la complejidad del cliente, los tiempos de entrega, aspectos técnicos relacionados con el proyectos, entre otros. Por otro lado, crece su formación integral con la participación en las diferentes etapas que implica una propuesta para incrementar la productividad, la competitividad y la calidad en la industria.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Desarrollar las actividades requeridas por el equipo de trabajo en el área de automatización industrial apoyando con la planificación, desarrollo e implementación para llevar a cabo nuevos proyectos en la empresa SERMECOL LTDA.

1.3.2 Objetivos específicos

Identificar sensores y planos topográficos utilizados en la industria de sistema y monitoreo de gases para desarrollar los respectivos planos eléctricos, de potencia y de control de proyectos realizados y a realizar.

Conocer el debido proceso de pre - comisionamiento, comisionamiento y puesta en marcha de proyectos en campo, para realizar los respectivos informes y compartir esta información con los clientes.

Manejar el software utilizado para la programación de PLC, SCADA y HMI, brindando apoyo en soluciones de automatización industrial en los distintos escenarios.

2. Reseña de la empresa

Nombre: SERMECOL LTDA – Servicio Mecatrónico de Colombia

Visión: Nos proyectamos como empresa líder a nivel nacional con orientación hacia la expansión internacional en el suministro de soluciones especializadas, generación y distribución de instrumentos técnicos, desarrollados por personal idóneo y competente a partir de métodos tecnológicos desde la Ingeniería Mecatrónica para contribuir al logro estratégico de nuestros clientes en la prestación de servicio. [1]

Misión: La misión, dentro de un marco regido por la calidad y la excelencia es: Transformar modelos y técnicas científicas en innovadoras aplicaciones, métodos e instrumentos de las áreas mecánica, electrónica e informática contribuyendo con la generación, perfeccionamiento y optimización de herramientas útiles en técnicas y procesos industriales, orientándose al liderazgo en la prestación de este servicio con el objetivo de contribuir bajo una política de responsabilidad social empresarial al crecimiento de la industria Colombiana. [1]

Tipo de Actividad, Cobertura, Producto (s) o Servicio (s): SERMECOL Ltda., como empresa especializada en el área de la Ingeniería Mecatrónica, se orienta al diseño, análisis, montaje, transformación y/o optimización de innovadoras aplicaciones industriales, utilizando tecnología de punta y aplicando según la necesidad procesos mecánicos, electrónicos e informáticos para la generación, perfeccionamiento y automatización de herramientas útiles en técnicas y procesos industriales que contribuyan al crecimiento empresarial. Proyectada como empresa líder a nivel nacional con orientación hacia la expansión internacional en el suministro de soluciones especializadas, desarrolladas por personal idóneo y competente a partir de métodos tecnológicos que fundamentan desde la ingeniería, la contribución al logro estratégico de sus clientes en la prestación de servicio. [1]

En el ámbito de nuestros servicios y productos se caracteriza por el soporte técnico ofrecido a sus clientes a nivel de entrenamiento calificado, calibración certificada, mantenimiento oportuno y cumplimiento efectivo de garantías. Destacada en Colombia por desarrollar e implementar aplicaciones en automatización y control industrial orientado a la seguridad e higiene industrial, proyectos con sistemas fotovoltaicos y sistemas de CCTV con el respaldo de las marcas más reconocidas del mercado que garantizan la calidad de nuestros proyectos y productos. [1]

3. Marco conceptual

Áreas clasificadas: Las zonas con peligro de explosión son aquellas ubicaciones donde se instalan equipos eléctricos y que, por sus condiciones tienen un alto índice de presentar explosiones si elementos de ignición están presentes ya sean gases, vapores y/o polvos que puedan formar atmósferas inflamables (explosivas) cuando se mezclan en concentraciones apropiadas con aire. [2]

Clases de áreas clasificadas: Las clases definen la explosividad o combustibilidad de las sustancias presentes en la atmósfera. Los 3 tipos de clases: [6]

- Clase I: Los lugares donde hay presentes gases, vapores y líquidos inflamables.
- Clase II: Los lugares con presencia de polvos inflamables.
- Clase III: Los lugares que son peligrosos por la presencia de fibras o materiales volátiles fácilmente inflamables.

División de clases de las áreas clasificadas: Las divisiones definen el grado de peligro dada la concentración de explosivos o sustancias combustibles en la atmósfera. Los dos tipos de divisiones son: [6]

- División 1: Elementos presentes de forma permanente o constante en el ambiente.

- División 2: Elementos presentes de forma temporal o momentánea en el ambiente.

NOTA: Un luminario para un ambiente de División 1 no significa que sea apto para uno de División 2.

- Grupos de sustancias en las áreas clasificadas: Los grupos se definen el rango de explosividad o combustibilidad de las sustancias presentes en la atmósfera. Atmósferas que contienen: [6]
 - GRUPO A: Acetileno
 - GRUPO B: Gases o vapores peligrosos, como óxido de propileno y butadieno; o sustancias con un porcentaje mayor de 30% en volumen.
 - GRUPO C: Etil, éter etílico y etileno, acetaldehído, ciclopropano, y dimetilhidrazina asimétrica.
 - GRUPO D: Acetona, amoníaco, benceno, gasolina, butano, etano, hexanos, metanos, petróleo, nafta, octano, pentanos, propileno, estireno, tolueno, xileno, etc.
 - GRUPO E: Polvos metálicos, como aluminio, magnesio y sus aleaciones comerciales y otros metales de características semejantes.
 - GRUPO F: Polvo de carbón mineral, de carbón vegetal o coque.
 - GRUPO G: Harina, almidón, polvo de granos, madera, plásticos.

Cajas a prueba de explosión: Las cajas a prueba de explosión son herramientas especiales que se utilizan en instalaciones eléctricas en áreas peligrosas (clasificadas) en donde existe presencia de gases inflamables, vapores o polvos combustibles; en el que la exposición a estas atmósferas puede ser continua, periódica o intermitente en condiciones normales de operación. Son usados como envoltentes de tableros eléctricos de distribución, de control, de iluminación, de

transferencia; como cajas pie de poste, halado, derivación, paso, conexión, inspección y encerramiento de otros equipos y accesorios eléctricos.[3]

Detectores de gases: Siendo uno de los instrumentos más importantes de la industria, un detector de gas es un dispositivo que detecta la presencia de gases en un área, especialmente diseñado para garantizar un sistema de seguridad. Con una gran variedad de sensores, algunos de los más comunes son los sensores de gases combustibles, los sensores puntuales de infrarrojos, los sensores de ultrasonidos, los detectores de fotoionización, los sensores de semiconductores de óxido metálico (sensores MOS) y los sensores de gas electroquímicos. El sistema de detección de gases está diseñado para detectar a tiempo los gases combustibles, inflamables y tóxicos. Hacen sonar una alarma cuando los niveles de oxígeno disminuyen a un determinado nivel [4]. Normalmente los detectores de gas traen salidas independientes de 4 a 20mA para cada canal, también incluye una interfaz Modbus RTU que permite su comunicación con sistemas de control.

Acopio: Lugar en donde se lleva el carbón ya procesado y previamente escogido para su venta.

Ceniza: La ceniza en el área de minera de carbón se refiere a la cantidad de escombros que se encuentra en las montañas de carbón ya previas a su venta.

Bocamina: Ingreso a una mina en superficie por donde se accede a un yacimiento mineral, generalmente un túnel horizontal. [7]

Niveles: Galerías horizontales en un horizonte de trabajo en una mina; es usual trabajar las minas desde una chimenea de acceso, y se establecen niveles a intervalos regulares, generalmente con una separación de 50 metros o más; o a partir de varios túneles de acceso con diferente cota, o a partir de rampas de acceso que unen diferentes niveles.[7]

4. Plan de trabajo

Figura 1. Plan de trabajo

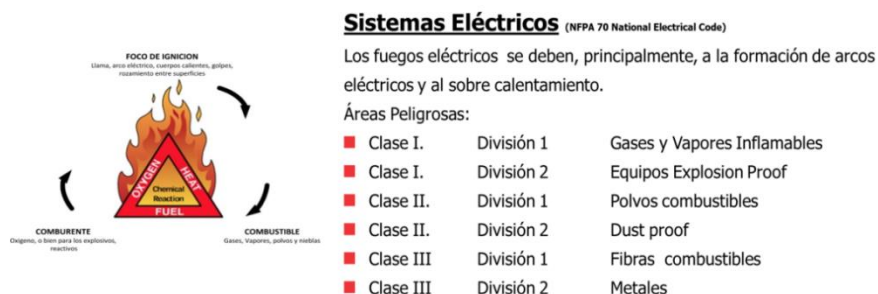
Objetivos específicos	Evaluación de objetivos	Actividades realizadas para consecución de dichos objetivos
1. Identificar sensores y planos topográficos utilizados en la industria de sistema y monitoreo de gases para desarrollar los respectivos planos eléctricos, de potencia y de control de proyectos realizados y a realizar.	Reconocimiento, identificación y manejo de los diferentes sensores que se manejan para los sistemas de monitoreo y detección de gases que son utilizados en la minería colombiana.	Adquirir conocimiento en el área sensorica de la empresa, estando relacionada con mediciones, calibraciones y ajustes de los equipos que se manejan.
	Comprender planos topográficos de las minas.	Estar en reuniones con las personas interesadas en realizar un proyecto estando atenta a la explicación de los planos de sus minas/petroleras.
	Realizar planos eléctricos y de control requeridos para cada proyecto que tenga la empresa.	Diseñar planos eléctricos detallados en autoCAD y planos de control en CadeSimu o Soliworks.
2. Conocer el debido proceso de pre -comisionamiento, comisionamiento y puesta en marcha de proyectos en campo, para realizar los respectivos informes y compartir esta información con los clientes.	Conocer las normas, reglamentos y documentos del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el trabajo (SGSST)	Cumplir y hacer cumplir los lineamientos, ya que la empresa se enfoca en realizar proyectos para la seguridad de los trabajadores de minas/petroleras.
	Brindar colaboración técnica a superiores o profesionales en cuanto compra de nuevos equipos y materiales.	Realizar evaluaciones técnicas para comparar equipos y materiales, para elegir lo que sea adecuado para el proyecto y hacer los pedidos necesarios.
	Asistir en la preparación de estudios, análisis e informes técnicos o administrativos de las diferentes actividades de la dirección.	Apoyar en la redacción de diferentes informes donde se expongan temas de adquisición, importación, montaje de equipos, entre otros.
	Tramitar los documentos pertinentes para el personal de SERMECOL pueda ingresar a las empresas clientes.	Gestionar permiso de ingreso del personal de SERMECOL en las empresas cliente, obtener aprobación de los planos y permisos necesario para iniciar el montaje de los proyectos de campo.
3. Manejar el software utilizado para la programación de PLC, SCADA y HMI, brindando apoyo en soluciones de automatización industrial en los distintos escenarios.	Reconocer los diferentes equipos que manejan para la construcción de tableros de control.	Identificar y estudiar el funcionamiento de las referencias de los equipos que manejan como fuentes, PLC's, tipo de cable, entre otras.
	Conocer los programas que utilizan en la implementación de los proyectos.	Manejar los diferentes softwares que utilizan para el desarrollo de programación de PLC y para la interfaz gráfica.
	Colaborar con ingenieros y técnicos para diseñar y aplicar nuevas ideas en el desarrollo y montaje de proyectos.	Dar asistencia en estudios técnicos y básicos, anteproyectos, proyectos, cotizaciones y presupuestos de las obras.
	Realizar visita a campo.	Estipular una salida de campo donde conozca el proceso del montaje del proyecto realizado e inspeccionar su debido funcionamiento.
	Redactar manuales de funcionamiento de los sistemas de automatización.	Redactar manuales detallados de cómo es el funcionamiento del sistema, las conexiones utilizadas, advertencias, etc.
	Tramitar y hacer seguimientos de documentos de proyectos, tareas y pedidos.	Recibir y evaluar sugerencias y observaciones de los usuarios de los proyectos como del personal encargado del montaje.

5. Desarrollo

El ingeniero mecatrónico practicante de la empresa SERMECOL LTDA, puede formarse y mejorar sus conocimientos en áreas como desarrollo de proyectos desde la planeación, el diseño y la implementación de estos, también en mantenimiento, instalación, calibración, instrumentación y automatización en distintos equipos utilizados en la industria de minería subterránea y de petróleo.

Para iniciar este proceso se obtuvo por parte del jefe inmediato Miguel Ángel Reyes Cano una introducción del funcionamiento y equipos manejados en una mina subterránea y petroleras en Colombia, donde se estudiaron conceptos como bocamina, túneles, niveles, ventilaciones, bandas transportadoras, entre otros. También se dieron a conocer las normas que deben cumplirse para la instalación de sistemas de automatización en las minas y petroleras en el estado colombiano, puesto que estos sistemas son exclusivamente para “áreas clasificadas”. Las normas NFPA 70 – Código Eléctrico Colombiano- describen la clasificación de áreas peligrosas las cuales se ordenan por clase, división y grupo de atmósferas peligrosas, en el caso de las minas y petroleras una gran parte de las zonas donde se instalan los sistemas pertenecen a División 1 – Clase 1, lo cual significa que son las áreas más peligrosas dentro del proceso de la industrial ya que el ambiente está expuesto a gases y vapores combustibles (Figura 2).

Figura 2. Áreas clasificadas



Tomado de [8]

5.1. Primera etapa

La primera etapa cumple el primer objetivo específico, este se desarrolla apoyando en el área de compras, a la cual los clientes envían los planos de las minas con los puntos donde desean instalar los sistemas de detección de gases (Figura 3). En estos planos se evidencia la bocamina, lugar en donde inicia la mina; el inclinado, donde se refieren a los grados los cuales se tiene la excavación; los niveles, que son las distintas divisiones que pueden existir durante un inclinado, que por lo general tienden a ser rectos.

Figura 3. Planos topográficos enviados por los clientes donde se evidencia ubicación de la bocamina, inclinados, niveles y tambores de ventilación.

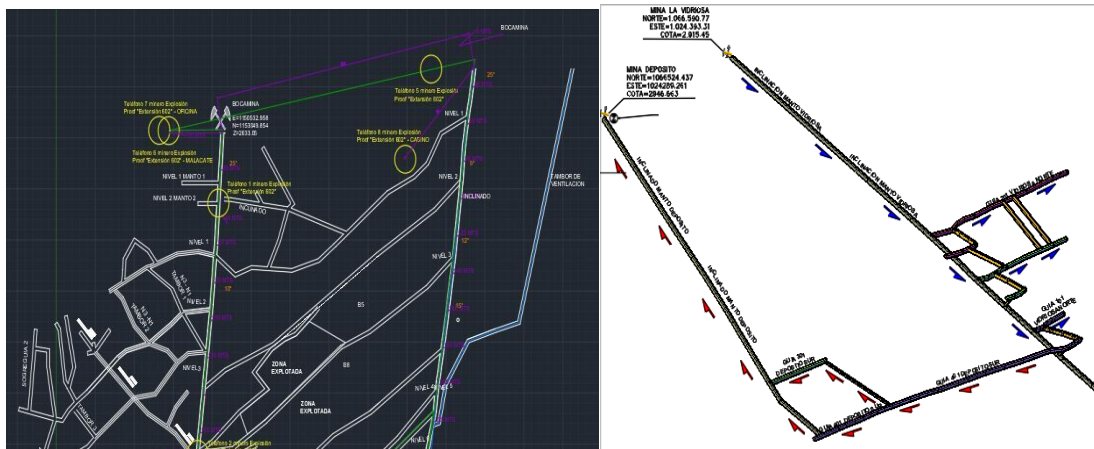
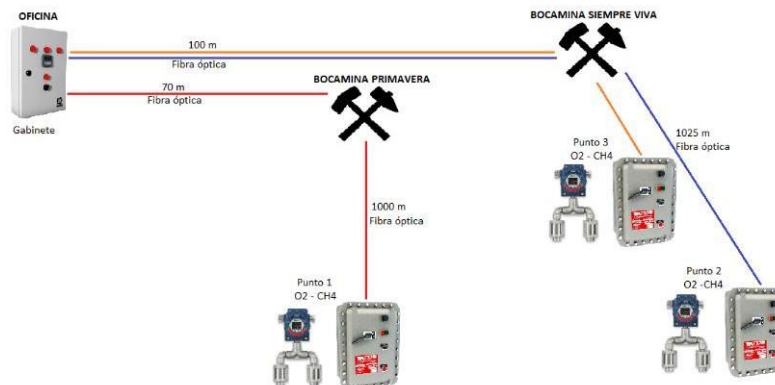


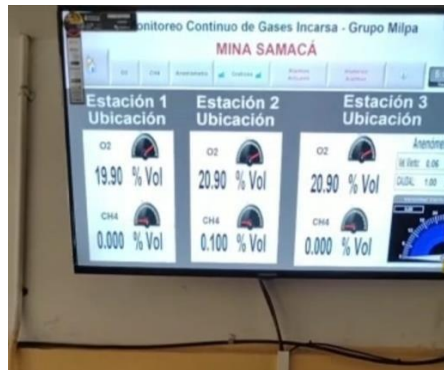
Figura 4. Planos topográficos enviados por los clientes donde se evidencia ubicación de la bocamina, inclinados, niveles y tambores de ventilación.



Para realizar los planos de cotización se especifican los elementos de medición y control con las respectivas distancias entre los principales puntos de instalación como se muestra en la figura 4. Generalmente se tiene en cuenta la distancia desde la oficina principal o en donde quieren instalar su sistema SCADA hasta la bocamina - el SCADA debe ser instalado en lugares que no sean denominados áreas clasificadas-. Después de tener definido esta distancia, se toma la distancia de la bocamina a los puntos donde quieren los sistemas, aquí el tipo de cable puede ser fibra óptica o cable de instrumentación depende de la distancia y el terreno, estos puntos de detección de gases son escogidos previamente por ingenieros de minas ya que para esto se debe tener conocimiento de los circuitos de ventilación, entradas y salidas de la mina, entre otros. Los planos enviados por el cliente (Figura 3) son usados como referencia para la propuesta del posible tendido del cableado. Previo a la cotización se realiza una reunión en la cual se exponen las sugerencias acerca de este cableado y las necesidades de la mina para el desarrollo de dichas tareas (puntos de tensiones, niches, condiciones de la mina, entre otras).

Después de identificar y comprender el proceso para la construcción de un proyecto de sistema de monitoreo de gases, se inicia el reconocimiento de los distintos equipos y herramientas que se necesitan para la debida instalación. Los sistemas de monitoreo de gases son instalados una parte en oficina principal y el resto en puntos de monitoreo, a continuación, se presenta una lista de lo que conforma un proyecto, donde los dos primeros se instalan en la oficina principal.

1. Sistema SCADA o HMI, el cual contiene grafica de los valores dados por lo detectores degases instalados -generalmente oxígeno y metano-, valores de dichos gases en tiempo real, historial de alarmas e historial de eventos

Figura 5. Sistema SCADA

2. Tableros eléctricos con fuente, PLC, breakers, fusibles, borneras, pilotos, switch, conversores de medio, relevos, entre otros.

Figura 6. Gabinete principal

3. Cajas a prueba de explosión, la primera la cual tiene en su interior el circuito de potencia y la segunda el circuito de control. Estas cajas normalmente son instaladas cerca al detector de gases.

Figura 7. *Cajas a prueba de explosión, circuito de potencia y de control*

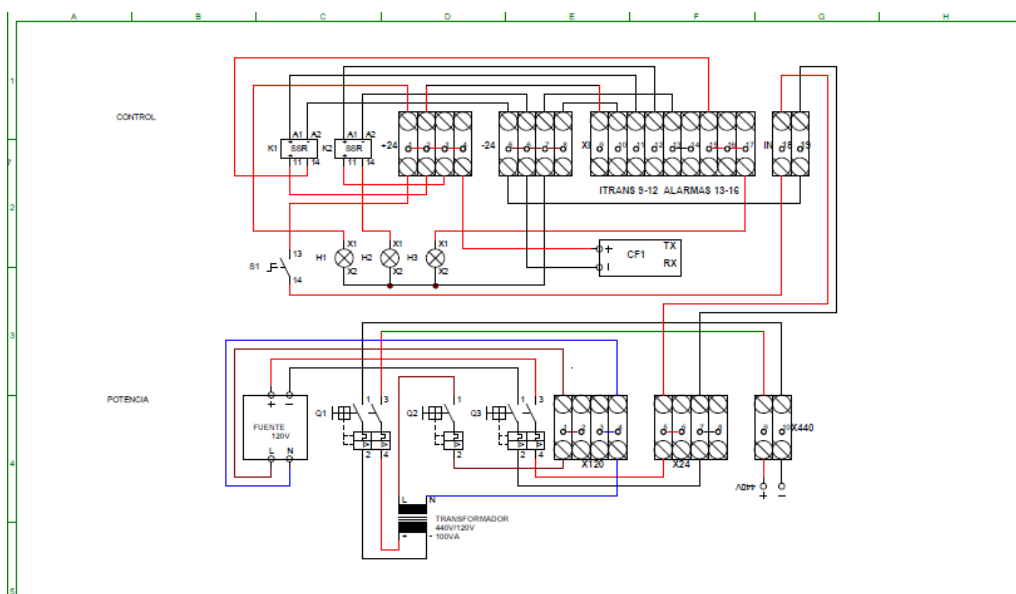


4. Detector de gases, son instrumentos de medición de 4 a 20 mA y manejan una comunicación MODBUS. Estos sensores pueden venir para medir dos gases simultáneamente o solo uno.

Figura 8. *Detector de gas fijo para la medición de dos gases.*



Por último, en este primer rol se diseñaron los planos eléctricos en software Proteus para mayor comprensión y así, obtener guías para futuros diseños.

Figura 9. Planos de control y potencia de las cajas a prueba de explosión.

5.2. Segunda etapa

Segundo rol, aquí se impuso la tarea del precomisionamiento, comisionamiento y puesta en marcha de los proyectos. Es decir, que cada proyecto antes de dar salida de la empresa estuviese 100% funcional desde sus conexiones hasta el sistema SCADA final.

El pre-comisionamiento es un conjunto de actividades que consideran ensayos estáticos e inspecciones, caracterizadas por la ausencia de energía y/o fluidos de proceso, con el objetivo de garantizar que las instalaciones y los sistemas fueron diseñados conforme a los documentos de ingeniería, esta etapa se ejecuta posterior al completamiento mecánico. [5]

En el pre-comisionamiento de los proyectos se lleva a cabo luego de tener el tablero totalmente conectado, se revisa la continuidad en cada uno de sus puntos de acuerdo a los planos eléctricos (Figura 9), se revisa el debido marquillado de los cables y de sus componentes, para esto se tiene de guía una tabla (Figura 10) en donde se especifica el equipo utilizado, como debe estar referenciado, el serial y la cantidad utilizada, esta guía fue diseñada con el objetivo de facilitar la verificación del cableado con el respectivo plano, evitando la tarea de seguir línea a línea el plano

eléctrico y guiarse por los nodos allí descritos, en la mayoría de los casos el diseño de los circuitos suele ser el mismo.

NOTA: Si se utiliza algún sensor y ya está instalado al momento de realizar el pre-comisionamiento, debe revisarse que tenga su debida calibración.

Figura 10. *Tabla de pre – comisionamiento*

Equipo	Numeración	Serial	Inicio	Destino	Revisión
Fuente	FU1	S8VK-G12024	L	1	ok
			N	4	ok
			+	Q3(3)	ok
			-	Q3(1)	ok
PLC	PLC	CP1L-E	com	10	ok
			0.0	H1(2)	ok
			+	F1(-)	ok
			-	12	ok
			a	ltrans	ok
			b	ltrans	ok
Relé	K1	24VDC	11	K3(11)	ok
			14	H3(1) - 21	ok
			A1	6 - ComK(A1)	ok
			A2	K2(A2)	ok
	K2	24VDC	11	2	ok
			14	23	ok
			A1	ComK(A1)	ok
			A2	17	ok
	K3	24VDC	11	7	ok
			14	H2(1)	ok

El comisionamiento es un conjunto de actividades que consideran ensayos dinámicos e inspecciones, con la inyección de energía eléctrica y/o fluidos de proceso a presión nominal, con el objetivo de asegurar las condiciones necesarias para la Puesta en marcha. [5]

Para este procedimiento, se conecta el sistema a energía y se miden las diferentes tensiones que se deben manejar en los puntos, los detectores y sus debidos sensores ya deben estar incorporados en este sistema, se verifica el debido funcionamiento de los indicadores de alarmas, On-Off y falla. Por otra parte, se verifica el comportamiento de la comunicación de los detectores con el PLC y que los datos recibidos sean acordes con los datos del manual, en este paso de manera online se hace la revisión por medio del software de programación del PLC.

La puesta en marcha es un conjunto de actividades que constituyen la última fase del proyecto, que se caracterizan por un arranque total de los sistemas con los ajustes de sus parámetros a valores nominales de operación y diseño para la realización de pruebas integrales de funcionamiento con los flujos de materia prima en sus circuitos. [5]

En este punto, los circuitos eléctricos y de potencia se deben incorporar con el sistema SCADA y funcionar correctamente, además deben verificarse cada uno de los valores del sensor de gas (ITRANS2) como lo son el valor medido, valor de alarma baja y alta, fecha actual, última fecha de alarma, hora y estado del sensor.

Si el proyecto aprobó satisfactoriamente cada una de las revisiones se realiza un informe junto con la documentación de los equipos utilizados, en donde estos documentos son entregados al cliente como constancia que el proyecto está en óptimas condiciones para ser instalado en campo.

5.3. Tercera etapa

El rol final de la práctica fue desarrollado en el área de programación de PLC, manipulación de equipos medidores de ceniza, programación de macros en Excel para generar informes automáticos a partir del software SCADA y la calibración de equipos portátiles y fijos.

5.3.1. Programación de PLC

Para poder dar soporte en el área de programación de PLC fue necesario realizar capacitaciones con el proveedor de PLC, en las cuales fueron expuestas las ventajas y desventajas que estos equipos, sus lenguajes de programación (Ladder y estructurado), los bloques con los que se puede contar y sus protocolos de comunicación. A partir de este punto se formó parte del desarrollo de

los distintos proyectos que involucraba la programación los PLCs dependiendo de los requerimientos, en general los proyectos se centran en el desarrollo de bloques de función en los cuales se lee la información por medio de comunicación MODBUS de los detectores de gases, algunos de estos datos se escalan y se normalizan para que así sea más fácil su lectura. Durante el desarrollo de estas labores se han realizado distintas visitas a campo en las cuales se realizó la instalación del software SCADA y la supervisión de conexión, comunicación y funcionamiento del proyecto en general.

También está en proceso el desarrollo de un proyecto interno donde se requiere que los datos leídos del PLC lleguen a una base datos por medio de comunicación TCP. Para el desarrollo de este programa se realiza la apertura de sockets con bloques de función directamente del PLC, luego para el envío de datos se desarrolló un programa por medio de lenguaje estructurado el cual activa y desactiva bits de memoria del PLC que son directamente relacionados con el protocolo de comunicación utilizado, estos bits se activan cuando el PLC ha terminado de leer todos los datos del detector de gases y de forma automática los envía a la base de datos.

5.3.2. Manejo de medidores de ceniza

Para el manejo de medidores de ceniza se recibieron capacitaciones de medidores de ceniza los cuales se utilizan en acopios para determinar el tipo y grado de ceniza, esto lo hace tanto el vendedor como comprador, el vendedor con el fin de determinar la calidad de carbón que se está excavando en su mina y así pedir un precio adecuado, si en dado caso la ceniza es muy alta las empresas dan las sugerencias a sus trabajadores para entregar un carbón en mejor estado; el comprador realiza este procedimiento para verificar el precio o hacer una nueva oferta. El objetivo

de dichas capacitaciones fue ir a cada empresa que adquiriría el medidor de ceniza con SERMECOL LTDA y dar una capacitación acerca de su manejo y operación.

Figura 11. *Medidor de ceniza – Ash Probe*



Tomado de [9]

5.3.3. Programación Excel

Por petición de los clientes se realizó una mejora en el software SCADA para poder crear informes de manera automática. Para cumplir con este requerimiento se trabajó en el desarrollo de un programa sencillo en visual Basic en el software SCADA y un macro en Excel, el primero se realizó con el objetivo de que el cliente por medio de un botón pudiese escoger desde que fecha y hora desea sus reportes, así como la extensión de tiempo en horas que debe cubrir el mismo (figura 10), al terminar estos datos se genera automáticamente un archivo llamado “reportes” en extensión csv, estos requerimientos se dan ya que el software SCADA trae por defecto una función para convertir los archivos de extensión .hst a .txt, el software SCADA utilizado en los proyectos guarda su historial en archivos tipo .hst día tras día en donde se especifican los valores de los gases minuto a minuto, eventos, mensajes, entre otros y estos datos son los exigidos. Para la segunda parte el cliente ingresa al archivo generado, en este momento los datos se presentan como en la figura 12

por lo cual adicionalmente se diseñó un botón el cual organiza los datos y genera más opciones (figura 13).

Figura 12. Datos a ingresar en software SCADA.

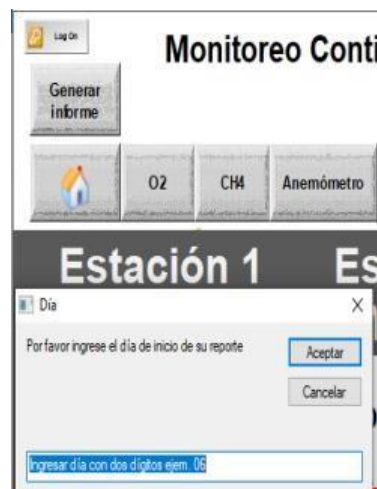


Figura 13. Datos iniciales en el software Excel.

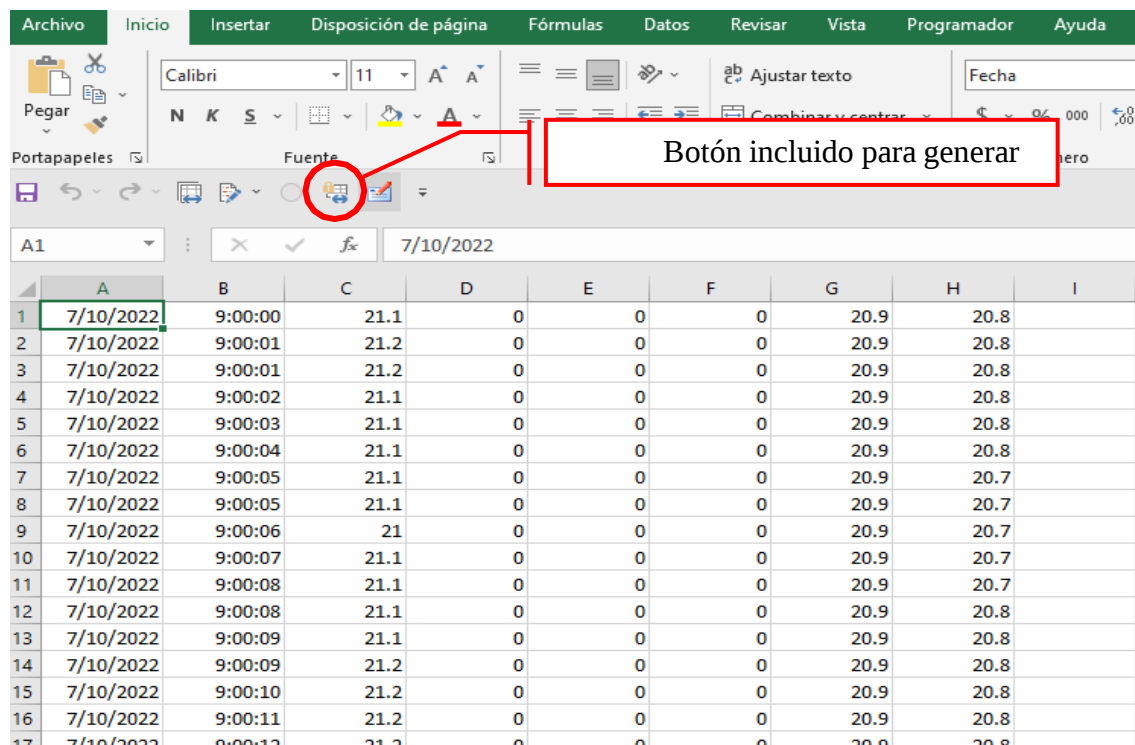


Figura 14. Datos después de pulsar el botón de generar informe

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Fecha	Hora	O2 Estación 1	CH4 Estación 1	CH4 Estación 2	CH4 Estación 3	O2 Estación 2	O2 Estación 3		O2	CH4	EVENTOS	
7/10/2022	9:00:00	21.1	0	0	0	20.9	20.8					
7/10/2022	9:00:01	21.2	0	0	0	20.9	20.8					
7/10/2022	9:00:01	21.2	0	0	0	20.9	20.8					
7/10/2022	9:00:02	21.1	0	0	0	20.9	20.8					
7/10/2022	9:00:03	21.1	0	0	0	20.9	20.8					
7/10/2022	9:00:04	21.1	0	0	0	20.9	20.8					
7/10/2022	9:00:05	21.1	0	0	0	20.9	20.7					
7/10/2022	9:00:05	21.1	0	0	0	20.9	20.7					
7/10/2022	9:00:06	21	0	0	0	20.9	20.7					
7/10/2022	9:00:07	21.1	0	0	0	20.9	20.7					
7/10/2022	9:00:08	21.1	0	0	0	20.9	20.7					
7/10/2022	9:00:08	21.1	0	0	0	20.9	20.8					
7/10/2022	9:00:09	21.1	0	0	0	20.9	20.8					
7/10/2022	9:00:09	21.2	0	0	0	20.9	20.8					
7/10/2022	9:00:10	21.2	0	0	0	20.9	20.8					
7/10/2022	9:00:11	21.2	0	0	0	20.9	20.8					
7/10/2022	9:00:12	21.2	0	0	0	20.9	20.8					
7/10/2022	9:00:12	20.9	0	0	0	20.9	20.8					
7/10/2022	9:00:13	20.9	0	0	0	20.9	20.8					

Al presionar el botón llamado O2, en la hoja “Oxígeno” se generan los datos de los diferentes puntos de oxígeno medidos, así como las alarmas, la duración de las alarmas y otra opción para diseñar una gráfica con los datos que el cliente desee (figura 14). Esto mismo pasa con los datos de Metano u otro gas medido.

Figura 15. Hoja “Oxigeno” con sus datos y alarmas.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Fecha	Hora	O2 Estación 1	O2 Estación 2	O2 Estación 3	Duración de alarma					
7/10/2022	9:00:00	21.1	20.9	20.8				Alarma alta de oxígeno		
7/10/2022	9:00:01	21.2	20.9	20.8				Alarma baja de oxígeno		
7/10/2022	9:00:01	21.2	20.9	20.8						
7/10/2022	9:00:02	21.1	20.9	20.8						
7/10/2022	9:00:03	21.1	20.9	20.8				GRÁFICA O2 ESTACIÓN 1		
7/10/2022	9:00:04	21.1	20.9	20.8						
7/10/2022	9:00:05	21.1	20.9	20.7				GRÁFICA O2 ESTACIÓN 2	INICIO	FIN
7/10/2022	9:00:05	21.1	20.9	20.7	00:00:05					
7/10/2022	9:00:06	21	20.9	20.7				GRÁFICA O2 ESTACIÓN 3		
7/10/2022	9:00:07	21.1	20.9	20.7						
7/10/2022	9:00:08	21.1	20.9	20.7			00:00:03			
7/10/2022	9:00:08	21.1	20.9	20.8						
7/10/2022	9:00:09	21.1	20.9	20.8						
7/10/2022	9:00:09	21.2	20.9	20.8						
7/10/2022	9:00:10	21.2	20.9	20.8						
7/10/2022	9:00:11	21.2	20.9	20.8						
7/10/2022	9:00:12	21.2	20.9	20.8	00:00:05					

Por otra parte, se tiene el botón de “Eventos” el cual en la hoja “Eventos” se genera un listado que plasma diferentes sucesos que han ocurrido durante el tiempo establecido (figura 15).

Figura 16. Historial de eventos

	A	B	C	D	E
1	Día de inicio	Hora inicio	Evento	Día de finalización	Hora de finalización
2	10/07/2022	03:31:20	Alarma Sensor Oxígeno Estación 3		
3	10/07/2022	03:31:21	Alarma Baja Sensor O2 Estación 3		
4	10/07/2022	03:31:21	Alarma Baja Sensor O2 Estación 3	10/07/2022	03:32:35
5	10/07/2022	03:31:20	Alarma Sensor Oxígeno Estación 3	10/07/2022	03:32:35
6	10/07/2022	16:39:05	Alarma Comunicacion con PLC		
7					
8					
9	10/08/2022	04:46:56	Alarma Baja Sensor O2 Estación 3		
10	10/08/2022	04:46:56	Alarma Sensor Oxígeno Estación 3		
11	10/08/2022	04:46:56	Alarma Baja Sensor O2 Estación 3	10/08/2022	04:46:57
12	10/08/2022	04:46:56	Alarma Sensor Oxígeno Estación 3	10/08/2022	04:46:57
13	10/08/2022	04:47:03	Alarma Baja Sensor O2 Estación 3		
14	10/08/2022	04:47:03	Alarma Sensor Oxígeno Estación 3		
15	10/08/2022	04:47:03	Alarma Sensor Oxígeno Estación 3	10/08/2022	04:47:44
16	10/08/2022	04:47:03	Alarma Baja Sensor O2 Estación 3	10/08/2022	04:47:45
17	10/08/2022	04:47:46	Alarma Baja Sensor O2 Estación 3		
18	10/08/2022	04:47:46	Alarma Sensor Oxígeno Estación 3		
19	10/08/2022	04:47:46	Alarma Baja Sensor O2 Estación 3	10/08/2022	04:47:48
20	10/08/2022	04:47:46	Alarma Sensor Oxígeno Estación 3	10/08/2022	04:47:49
21	10/08/2022	04:47:49	Alarma Baja Sensor O2 Estación 3		
Reporte Oxígeno Metano Gráficas O2 Gráficas CH4 Eventos +					

5.3.4. Calibración detectores de gases portátiles y fijos

La calibración y ajuste de equipos portátiles y fijos tienen un principio de funcionamiento parecido, por lo que se ha dado apoyo en el laboratorio de calibración y reparación de detectores portátiles de la empresa. Estos detectores llegan de diferentes empresas de minería y petróleo, donde se calibran con ayuda de botellas de gases, el procedimiento para realizar las calibraciones y ajustes son:

- Llenar formulario de entrada de equipo donde se especifique cliente, modelo, marca, número de serie, batería, bomba de succión, serial de los sensores que contenga y observaciones generales y específicas.

- Ajustar las alarmas debido a la norma
- Ajustar los datos para la calibración de los detectores, este va de acuerdo al valor que contenga la botella con la cual se va a realizar la respectiva calibración.
- Realizar informe de calibración o informe técnico de revisión, la primera opción es si los sensores del detector pasaron correctamente de lo contrario se redacta la segunda opción informando al cliente los problemas que se presentaron con el detector y como debe proceder.
- Por último, se despacha el detector.

Figura 17. Estaciones de calibración para detectores portátiles.



6. Conclusiones

Las minas subterráneas de carbón en Colombia cuentan con una tecnología limitada, en este campo es un gran avance tener comunicación por medio de teléfonos mineros, acceso a internet, la posibilidad de prevenir algún tipo de desastre tanto natural como con sus trabajadores, el monitoreo en cuanto a los gases que están presentes en la mina y la ventilación que se maneja. Por lo tanto, entender los planos de una mina, reconocer los lugares con sus debidos conceptos e

identificar los puntos para luego construir un proyecto de automatización de acuerdo a requerimientos del cliente supone un desafío para su desarrollo y para la tecnología.

Realizar procedimientos como el pre-comisionamiento, comisionamiento y puesta en marcha aumenta la posibilidad de detectar cualquier error ya sea humano o material y prevenirlo antes de que afecte el funcionamiento correcto del sistema, por lo tanto, se busca una solución inmediata para asegurarse que el proyecto sea seguro y de calidad.

Tener acceso a otro tipo de maquinaria, herramientas, equipos y softwares, como lo son manejar otras marcas de PLC, breakers, motores, ventiladores, software SCADA, etc. Amplia los conocimientos adquiridos en el proceso de aprendizaje del pregrado fortaleciendo la capacidad de resolver problemas en las áreas de automatización, mecánica y electrónica.

Las prácticas empresariales son una de las mejores experiencias que un estudiante pueda tener, ya que permite conocer áreas que van afines con sus estudios ayudando a desarrollar la capacidad de trabajar en equipo, bajo presión, investigar nuevos conocimientos, ayudar a organizar, diseñar y construir proyectos, además de permitir relacionarse con una gran variedad de personas y lograr ser una persona más integra dentro y fuera del campo.

Referencias

- [1] Ltda, S. (s. f.). Nosotros : Sermecol. Recuperado 11 de octubre de 2022, de <http://www.sermecol.com/nosotros/>
- [2] Emb.cl. 2022. Revista ElectroIndustria - Clasificación de áreas Peligrosas según NFPA/NEC y ATEX/IEC. [online] Available at: <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=3394&ni=clasificacion-de-areas-peligrosas-segun-nfpa/nec-y-atex/iec>
- [3] Soldexel.com. 2022. Ficha técnica. [online] Available at: https://www.soldexel.com/wp-content/uploads/2021/03/Caja-a-Prueba-de-Explosion-Nema-7-_compressed.pdf
- [4] Instruments, M., 2022. ¿Qué son los detectores de gas y cómo se utilizan en diversas industrias?. [online] Tecnología de analizadores de gas de MRU Instruments. Available at: <https://mru-instruments.com/es/what-are-gas-detectors-and-how-are-they-used-in-various-industries/>
- [5] Precomisionamiento – Comisionamiento y Puesta en marcha – Serintek. (s. f.). <https://www.serintek.cl/precomisionamiento-comisionamiento-y-puesta-en-marcha/>
- [6] CATÁLOGO DE ILUMINACIÓN PARA ÁREAS CLASIFICADAS. Recuperado 11 de octubre, en https://www.beghelli.com.mx/_assets/uploads/catalogs/Hazardous_Beghelli.pdf
- [7] GLOSARIO TÉCNICO MINERO – República de Colombia Ministerio de Minas y Energía. Recuperado 13 de Octubre, de <https://www.anm.gov.co/sites/default/files/DocumentosAnm/glosariominero.pdf>

[8] Análisis de Áreas Clasificadas – Loss Control SAS Colombia. (s. f.). Copyright Loss Control SAS Colombia - All rights Reserved. de <http://www.losscontrolsas.com/Servicio/areas-clasificadas/>

[9] MEDICION DE CENIZAS. (s. f.). Polminera, de <https://www.polminera.com/mediciones-cenizas/>