

## ACIPET

# Reducción de huella de carbono por la implementación de un equipo de perforación eléctrico en las operaciones de Sierracol Energy.

J. S. Vargas, Consultec International. ACIPET  
D. Moreno, Sierracol Energy  
F. R. Correa, Sierracol Energy

Categoría: Marque con una "X"

- Artículo Técnico
- Tesis Pregrado
- Tesis Posgrado

Derechos de Autor 2022, ACIPET

Este artículo técnico fue preparado para presentación en el XIX Congreso Regional Colombiano de Petróleo, Gas y Energía organizado por ACIPET en Cartagena, Colombia.  
Este artículo fue seleccionado para presentación por el comité técnico de ACIPET, basado en información contenida en un resumen enviado por el autor(es).

---

### Resumen.

En la búsqueda de estrategias para optimizar el desarrollo sostenible en la industria petrolera para el área de perforación, Sierracol Energy como pionero, desarrolló un proyecto para eliminar la generación eléctrica a base de combustibles fósiles y reemplazarla por una fuente de energía que reduzca la emisión de CO<sub>2</sub>.

El proyecto consiste en la sustitución de los generadores CAT 3512, Diesel, por la conexión a la red eléctrica de media tensión en el campo LaCira Infantas, en el cual se observa una disminución considerable en las toneladas equivalentes de CO<sub>2</sub> (huella de carbono), la contaminación auditiva (disminución de decibeles) y la optimización de los espacios en las locaciones por la reducción de cargas, avanzando en el mejoramiento de la sostenibilidad social.

El objetivo principal es reducir la huella de carbono en las operaciones de perforación conectando el equipo a la red eléctrica de media tensión del campo La Cira Infantas, para esto se realizó la conexión eléctrica del equipo de perforación a la red eléctrica de media tensión del campo La Cira Infantas, sustituyendo los generadores del equipo por un transformador de voltaje el cual convierte 14.4 kVA a 600 kVA (Switch Gear), y así logrando adicionalmente reducir los niveles de ruido y el número de cargas del equipo durante la movilización para el aprovechamiento del espacio en las plataformas

## **Introducción.**

El uso del diesel para la generación de energía en los taladros de perforación, es uno de los mayores obstáculos en la búsqueda de la disminución de la huella de carbono y el desarrollo sostenible. El avance en las nuevas tecnologías y el reto en la producción de “barriles limpios”, han impulsado a la industria petrolera colombiana a invertir en tecnologías limpias, para mitigar el impacto ambiental y social producido por sus operaciones.

Sierracol Energy como pionero ha desarrollado un proyecto para la disminución de la huella de carbono, sustituyendo el consumo de diesel por energía eléctrica derivada de la conexión del equipo de perforación a la red eléctrica de media tensión (14.4 kw) en el campo La Cira Infantas ubicado en el corregimiento El Centro del Distrito de Barrancabermeja.

Para la realización de este proyecto se contó con una gran inversión tanto en recursos económicos como recursos humanos y de ingeniería, el proyecto tomo alrededor de 2 años y medio desde su fase de planeación hasta su puesta en marcha, con este esperamos llegar a todas las operaciones de perforación de Sierracol, teniendo en cuenta que la mayor limitación es el acceso a las redes eléctricas.

## Metodología y datos.

El campo La Cira Infantas está ubicado en el Corregimiento El Centro, perteneciente al Distrito de Barrancabermeja. Este campo desarrolla parte de la cuenca del Valle Medio del Magdalena y es el más antiguo de Colombia. Fue descubierto en el año 1918, a través de la Concesión de Mares, otorgada a la empresa Tropical Oil Company (TROCO). En 1951, se da por finalizada la Concesión de Mares dando paso al nacimiento de Ecopetrol, la empresa estatal petrolera colombiana, quien asume el control del campo.

En el año 2005, mediante un contrato de producción incremental con Occidental Andina, Ecopetrol logra aumentar la producción del campo La Cira Infantas en un 700%, mediante el inicio de una intensa campaña de perforación. En los últimos años Ecopetrol y Occidental Andina mantuvieron alrededor de 2 equipos de perforación trabajando para el proyecto, los cuales requerían 2 generadores cada uno de 1000 kVA y un consumo aproximado de 750 galones de diesel día por equipo. Esto produce un promedio de 6.9 Ton CO<sub>2</sub> equivalente por día.

En la búsqueda del mejoramiento continuo y el desarrollo sostenible, Occidental andina comienza con el desarrollo de una idea la cual consiste en la conexión eléctrica de los equipos de perforación a la red eléctrica de media tensión (14.4 kw), del campo La Cira Infantas. Para esto se realizó un estudio de requerimiento de carga durante las operaciones de perforación para cada uno de los equipos que se encontraban en el área. Arrojando como resultado una necesidad de carga máxima de 1.2 MW de los 1.5 MW disponibles de la red eléctrica del campo.

Con el nacimiento de SierraCol Energy (Grupo Carlyle) y la compra de todos los activos en Colombia a Occidental de Colombia, SierraCol Energy asume el reto de poner en marcha el proyecto de sustitución de la generación de energía a base de diésel de los equipos de perforación del campo la Cira Infantas por el aprovechamiento de las redes eléctricas presentes en el campo.

SierraCol Energy comienza su campaña de perforación en el campo La Cira Infantas el 14 de junio de 2021 con el pozo Cira 3936. Encaminando SierraCol Energy en sus metas de reducción de emisiones de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalentes, la compañía contratista de perforación realiza adecuaciones en el sistema del SCR de su equipo para adaptarse a la corriente proveniente de un transformador portátil (Switch Gear).



Figura 1. Equipo de perforación GRS 158

El transformador portátil o Switch Gear es el eslabón fundamental para lograr que el equipo de perforación funcione por medio de una fuente de energía renovable (energía eléctrica), el cual consiste en una subestación portátil que transforma la corriente eléctrica de 14.4 Kw a 0.6 Kw para abastecer las necesidades del equipo. La construcción del Switch Gear estuvo a cargo de la empresa WEG basados en el diseño del grupo de ingeniería de la empresa Occidental Andina de la cual Sierracol Energy adquirió toda la propiedad física e intelectual. En las Figuras numero 2 y 3 podemos apreciar el Switch Gear.



Figura 2. Switch Gear parte frontal.



Figura 3. Switch Gear parte trasera.

El 24 de Julio de 2021 con el equipo de perforación se da puesta en marcha al proyecto de sustitución de generación de energía a base de diesel. Con esto se inició una campaña de perforación ambiental y socialmente amigable ya que el proyecto está encaminado a la disminución de las toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente, disminución en los decibeles del ruido y cargas del equipo de perforación para el uso de plataformas más pequeñas

## Conectividad Switch Gear.

Como parte del desarrollo de las actividades del proyecto para conectar un taladro de perforación a la red eléctrica nacional, fue necesario, por medio de las inversiones del contratista, dueño del taladro de perforación, cambiar los motores mecánicos de los equipos principales, como son; Las 2 bombas de lodo y el malacate, por motores eléctricos con capacidad de 1000 HP.

Para completa este cambio de motores es necesario rediseñar la distribución de potencia saliente del SCR<sup>1</sup>, a cada uno de los motores, para lo cual fue necesario distribuir las cuatro bahías de carga con su respectivo cableado y pasacables, de tal forma que se pudiera entregar la potencia requerida a cada uno de los motores en simultáneo.

Una vez realizado el cambio de los motores eléctricos, la distribución de carga de salida del SCR y el respectivo cambio del cableado, se procede a modificar la sincronización para recibir la potencia en el SCR por parte del transformador o Switch Gear.

Esta sincronización requiere la instalación de tarjetas electrónicas, Que permitan recibir la carga tanto de un generador convencional Caterpillar 3512 cómo del transformador conectado a la red eléctrica nacional por medio de la programación de la Sigmored<sup>2</sup>.

Una vez confirmada la sincronización de la Sigmored, mediante la realización de múltiples pruebas, observando la emisión de carga tanto del generador auxiliar como del transformador, se observa que es viable bueno generar la potencia suficiente para trabajar los pozos del campo LaCira con máximos parámetros teniendo en cuenta alguna desviación de la potencia de la red nacional suplida por el generador auxiliar en sitio.

Según los cálculos de potencia requeridos, para completar los máximos parámetros del taladro, es importante que la generación, por medio del Switch Gear o Transformador, entregue, por lo menos 1,5 MV, a los tres motores eléctricos, 2 bombas y un motor para el malacate de 1000 HP cada uno.

Una vez confirmado esta potencia de entrega, se procede a la instalación en sitio de todos los sistemas, para lo cual, se separa la distribución de responsabilidades en tres áreas principales:

1. **Conectividad en la red principal.** Responsabilidad de la compañía que suministra la electricidad
2. **Conectividad de la cañuela o pórtico al Switch Gear y salida de cableado a SCR.** Responsabilidad de Electricistas de la operadora.
3. **Conectividad al SCR y distribución al taladro.** Responsabilidad del personal del contratista del taladro.

En la Figura 4, se muestra la distribución de las diferentes áreas involucradas en la conexión de la energía desde las líneas de distribución de la red nacional hasta el SCR del taladro de perforación.

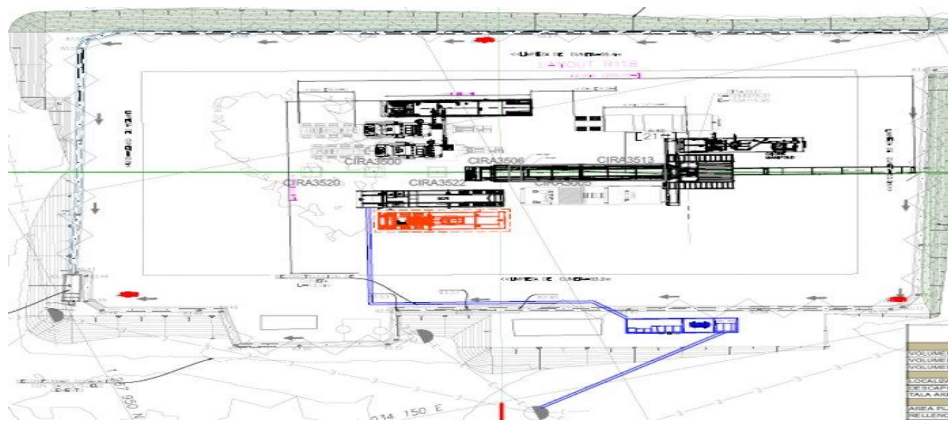


Figura 4. Mapa del sistema de distribución eléctrica desde el pórtico al SCR del Taladro.

<sup>1</sup> SCR: Silicon Control Remote: Casa de Distribución principal de potencia eléctrica de taladro.

<sup>2</sup> Sigmored: Tarjeta electrónica.



1. **Conectividad en la red principal:** Una vez, identificado y realizado el análisis de riesgo correspondiente a cada segmento de conectividad, se procede a iniciar la conexión en la línea de 14.400 voltios, por parte de la empresa responsable, para lo cual, debido a políticas de la compañía, es necesario aislar completamente antes de realizar cualquier conexión, lo que quiere decir que, se necesita des-energizar todo el ramal correspondiente al sector para luego, realizar la conexión del pórtico al Transformador o Switch Gear. Esto implica tener posibles sectores del campo sin energía para seguir produciendo pozos, lo que significa un valor conocido de producción diferida en cada aislamiento. Si por alguna razón no se desea hacer, tener este valor de producción diferida, es necesario tener en cuenta el riesgo para realizar estas actividades de conexión en “línea Viva”, lo que significa que las personas realizarán actividades con las líneas energizadas. Para este proyecto no se contempla realizar este tipo de conexiones en línea Viva para reducir el riesgo al personal involucrado en la operación.
2. **Conectividad de la cañuela o pórtico al Switch Gear:** Una vez realizado este conexión al pórtico con un aislamiento, se energiza nuevamente el ramal correspondiente, por parte de la compañía que suministre la energía eléctrica.

Posteriormente se realiza la conexión entre el pórtico y el Switch Gear, mediante un cable que conduce los 14.400 voltios proveniente de la red nacional. Inmediatamente, se tiene esta conexión se realizan las respectivas pruebas al interior del transformador, para tender el cableado de salida a 600 voltios que se dirige al SCR del taladro de perforación, para lo cual se requieren 12 cables, que conectan al ingreso del SCR. Para esta tarea se requieren tener en cuenta la exposición de riesgos correspondiente como son las posturas de las personas que realizan la operación, el halado del cableado puede deteriorar los mismos, toda esta actividad se realiza con el aseguramiento del bloqueo energético desde la cañuela o pórtico antes de ingresar al Transformador de 14.400 a 600 voltios.

En la Figura 5, se evidencia la vía en la que fluye la conexión entre el pórtico o cañuela desde la red nacional, al transformador o Switch Gear, por medio de un cable, protegido con el pasa cable, aislado correspondientemente, así como las protecciones pertinentes dentro del transformador que reduce la tensión de 14400 a 600 voltios, con capacidad de 1,5 MV. Este es el elemento principal de todo el sistema.

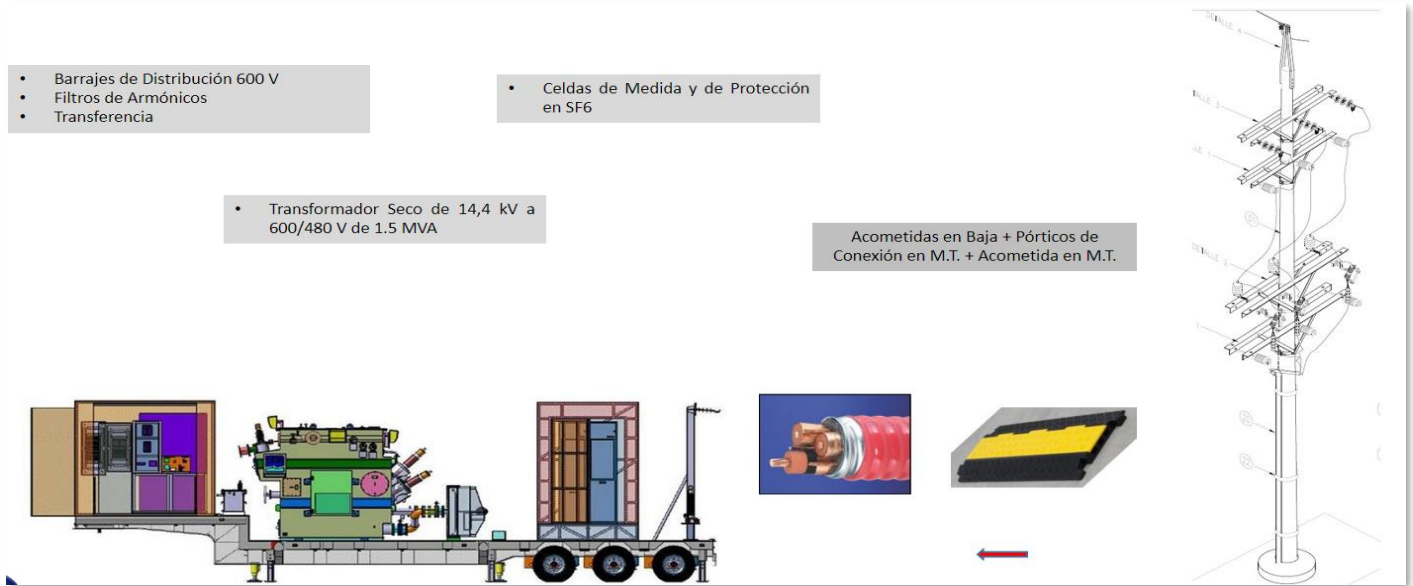


Ilustración 5. Conexión desde pórtico al Switch Gear.

3. **Conectividad al SCR y distribución al taladro:** En esta etapa de la conexión es necesario llevar la energía desde el Switch gear al SCR del taladro de perforación y su posterior distribución a todos los sistemas del equipo de perforación. Mediante doce cables que llevan 600 voltios se conecta a las correspondientes bahías de inserción en el SCR. Es fundamental que el SCR tenga suficientes bahías de entrada para soportar adicionalmente l conexión de un generador auxiliar Diesel en caso de que sea necesario para tenerlo como respaldo, ante cualquier caída de tensión de la red nacional.

Esta conexión se hace por medio del personal del taladro, quien deberá verificar que el sistema esta nulo antes de realizar los acoples correspondientes. Una vez se verifican todos los conectores adecuadamente, se da la orden por parte de la autoridad eléctrica a encender todo el circuito, de tal manera que se energiza desde la cañuela o pórtico hasta el SCR, de esta forma se tienen los controles respectivos

en cada sector, tanto en el transformador como en el SCR. Verificada la potencia recibida, se procede a Distribuir de manera convencional las cargas respectivas a los diferentes motores del taladro y sistemas de iluminación, que son alimentados por el SCR.

En la figura 6 se observa la conexión del Switch Gear al SCR.

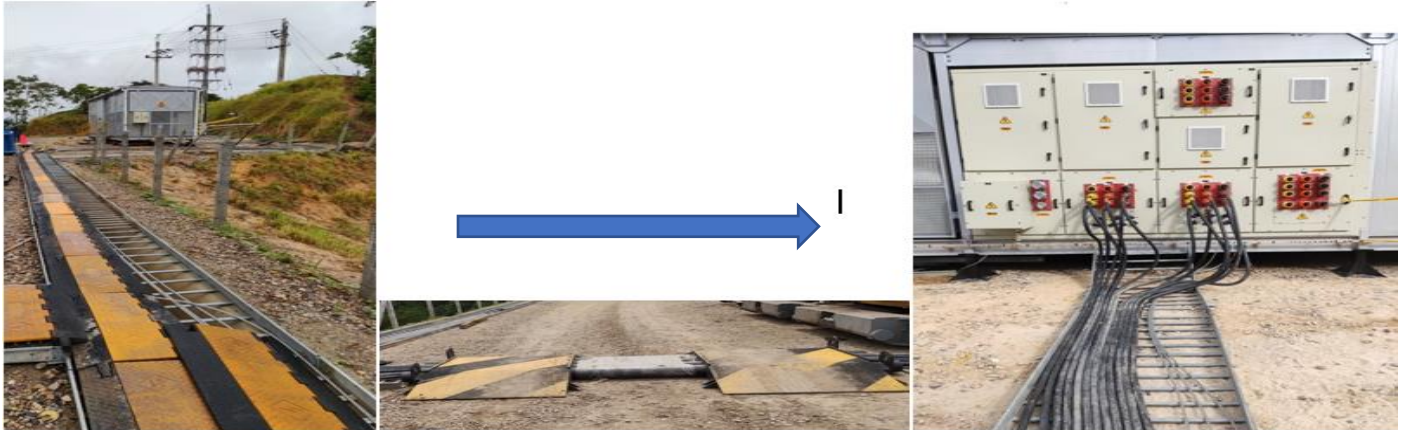


Figura 6. Conexión Switch Gear a SCR.

**Reducción huella de carbono.**

Gracias a la implementación del proyecto con sustitución de generadores a base de diésel por el uso del transformador portátil (Switch Gear) en el equipo de perforación, logramos reducir en gran medida las toneladas equivalentes de CO<sub>2</sub>. Inicialmente la sustitución de los generadores llegaba a un 75 % del tiempo de uso durante la perforación del pozo, y debido a la implementación de algunas adecuaciones hemos logrado llegar a un 95% del tiempo en las actividades de perforación de los pozos, esto conlleva a mejorar la eficiencia del uso de la energía eléctrica generando más reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> en promedio de 28 Ton CO<sub>2</sub> por pozo equivalente a 4. 4 ton CO<sub>2</sub> por día, teniendo un total de 1300 Ton CO<sub>2</sub> desde inicio del proyecto a la fecha actual.

En la figura 7 se observa la reducción de las toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente durante el transcurso del proyecto.

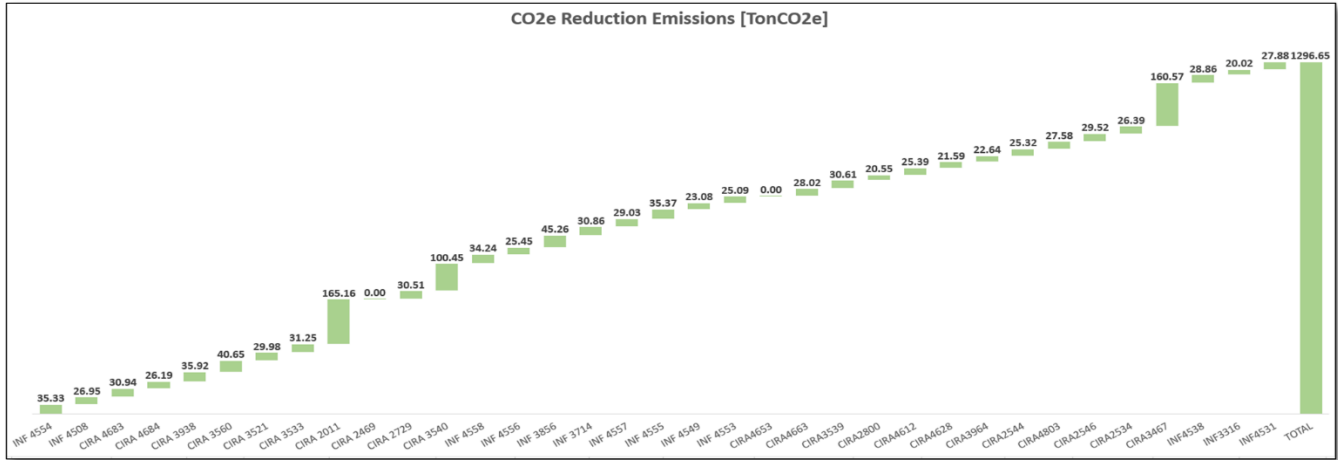


Figura 7. Reducción de huella de carbono. Unidad de planeación minero energética (UPME) 2022.

Adicional se ha logrado una campaña de perforación ambiental y socialmente amigable. Esto debido a la disminución de riesgos ambientales por derrames de combustible durante el trasiego de diesel, la disminución de la contaminación acústica por reducción de los decibeles del ruido del equipo de perforación en un 30% aproximadamente, plataformas mas pequeñas debido a la reducción de cargas, lo que resulta en un ambiente de trabajo más saludable y reduce el impacto a las comunidades cercanas al proyecto. En la figura 8 se resumen los principales beneficios de la implementación del proyecto.

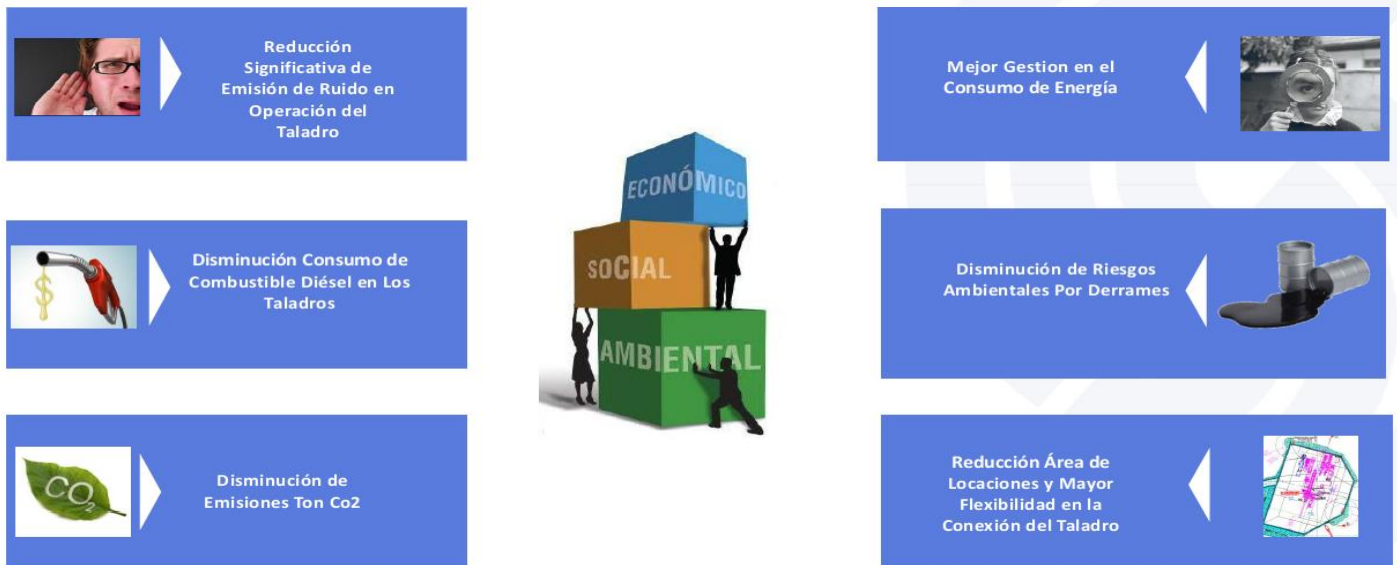


Figura 8. Beneficios del proyecto



**Próximas implementaciones.**

El próximo paso es la implementación del equipo eléctrico en su totalidad durante el proceso constructivo de los pozos, lo que disminuiría aún más la huella de carbono y los gastos operativos. Adicional conectar las centrífugas y el compresor al equipo Switch Gear realizando un estudio técnico que permita evaluar la factibilidad de la conexión y la disponibilidad de carga que se tenga y del posible impacto que se pueda ocasionar en los otros equipos del taladro, como fluctuaciones o caídas de tensión.

A futuro se está evaluando usar torres de iluminación que aprovechan la energía del sol con las ventajas que no tienen emisión de gases de efecto invernadero, sus baterías permiten mantenerlas encendidas entre 12 y 15 horas continuas, se recargan en 6 a 8 horas y son libres de mantenimiento, además son de fácil movilización y el mantenimiento es mínimo. Los sistemas tienen una vida útil de 25 años y las baterías pueden durar hasta ocho años. Estas torres en un día soleado se recarga totalmente, en un día nublado o con lluvia estas se recargan parcialmente y si esto ocurre, las baterías se pueden recargar con la red eléctrica externa en poco tiempo, pero se implementaría esta opción solo en los momentos que sea necesario. Además, que las condiciones de clima en campo La Cira Infantas son muy favorables para aplicar esta tecnología.

Adicionalmente, hay lámparas en varias zonas del equipo que están conectadas eléctricamente, pero están encendidas todo el día. La propuesta es instalar unas fotoceldas que funcionen similar a las lámparas del alumbrado público, con un sistema automatizado, estas se encienden cuando detectan que no hay suficiente iluminación y se apagan cuando ya hay iluminación suficiente.

Finalmente teniendo en cuenta los avances tecnológicos, SierraCol Energy está en búsqueda de implementar bancos de acumulación, como respaldo a los diferentes requerimientos energéticos en los taladros de perforación de sus diferentes frentes de trabajo, como son Cuenca Llanos Orientales y Valle Medio Magdalena y así lograr un mejor aprovechamiento energético en la contribución a la disminución de huella de carbono y optimización operativa en el área de perforación de pozos en Colombia.

**Conclusiones.**

La implementación de sistemas que utilicen energías renovables es fundamental para lograr el desarrollo sostenible. Un ejemplo claro es la sustitución de los generadores CAT 3512, Diesel, por la conexión a la red eléctrica de media tensión en el campo LaCira Infantas, en la cual se obtuvo una reducción considerable en las toneladas de CO2 equivalentes durante el transcurso del proyecto. Aproximadamente 1300 toneladas.

Es fundamental contar con un transformador o Switch Gear en cada equipo de perforación, extendiendo el proyecto a todos los campos de la compañía, previo a la investigación de las líneas de alta tensión con las que cuenta el campo respectivo.

Es muy importante contar con la colaboración del rig contractor, para desarrollar esta conectividad entre los elementos del taladro y la red eléctrica nacional.

El diseño del transformador o Switch Gear, se debe optimizar para reducir espacios y facilitar su movilización e instalación respectiva.

Los controles adecuados, para conectar todos los elementos deben ser inspeccionados y verificados antes de cada proceso, esto para evitar riesgos en el personal implicado en cada operación.

Se deben seguir realizando iniciativas que vayan alineadas a la reducción de huella de carbono, como son; utilizar baterías de acumulación de carga para distribuir en el SCR, iluminación eficiente con paneles solares, utilización de vehículos que generen menos emisiones de CO2 y que todo el personal involucrado tenga la cultura de generar menos huella de carbono, encaminados a obtener el desarrollo sostenible.

Adicional a los beneficios antes mencionados se obtuvo una reducción significativa en el ruido (30%) y reducción en las plataformas lo cual hace que este tipo de proyectos sean más amables con la salud del personal involucrado y las comunidades vecinas.

**Referencias.**

- Ecopetrol S.A. (2019, abril). Instructivo para realizar instalaciones eléctricas provisionales. Sistema de gestión.
- Ingeniero Sr. Proyecto LCI. (2021, mayo). Procedimiento para conexión – Desconexión y operación de skid alimentación taladro. Informe técnico.
- Unidad de planeación minero energética (UPME). (18 de junio de 2022). Calculadora Emisiones. [www.upme.gov.co/calculadora\\_emisiones/aplicacion/calculadora.html](http://www.upme.gov.co/calculadora_emisiones/aplicacion/calculadora.html).
- WEG COLOMBIA SAS. (2022, marzo). Comisionamiento controlador de sincronismo “WOODWARD EasyGen 3200 XT”. Informe Técnico.
- Wikipedia.org. (15 de marzo de 2022). Campo La Cira Infantas. Campo La Cira Infantas - Wikipedia, la enciclopedia libre.

**Agradecimientos.**

Agradecemos al equipo de Perforación, Facilidades Eléctricas y la Gerencia de Sierracol Energy por innovar en la búsqueda de nuevas tecnologías para lograr la reducción de huella de carbono y seguir encaminando el proyecto hacia el desarrollo sostenible.

Agradecemos al equipo de GRS (General Rig Services), por realizar las modificaciones pertinentes al equipo de perforación para poder realizar la conexión eléctrica.

Agradecemos al equipo de construcción del Switch Gear por parte de la empresa WEG.