

# Gestión de activos de tecnología de la operación. Caso estudio: Refinería de Barrancabermeja

Milton Alexánder Velásquez Lombana  
*Gerencia Refinería de Barrancabermeja*  
*ECOPETROL S.A.*

Aileen Diane Pusey Mitchell  
*Gerencia Refinería de Barrancabermeja*  
*ECOPETROL S.A.*

**RESUMEN:** Una interrupción abrupta de los sistemas tecnológicos asociados con el control y la seguridad de los procesos industriales, puede causar importantes pérdidas operacionales o financieras para una Organización. Tradicionalmente, cuando se habla de tecnología, se hace referencia a todos aquellos activos relacionados con las plataformas de Tecnología de la Información (IT); sin embargo, es importante tener claridad de la existencia de equipos y sistemas relacionados con Tecnologías de la Operación (OT), los cuales implican riesgos adicionales, que involucran a personas, las instalaciones y el medio ambiente. Los activos de OT que están conformados por plataformas de monitoreo, control, protección y la instrumentación asociada, pueden ser gestionados de manera más efectiva e integral, a través de la gestión de activos complementándose con un modelo de gestión de la ciberseguridad, que garantice la continuidad del negocio.

## **Introducción**

Los activos de control e instrumentación han sido percibidos como ajenos, tanto para la industria que los ven como sistemas de datos, como para los sistemas informáticos que los perciben como equipos electrónicos para manufactura. Sin embargo, en realidad se ha evolucionado de simples equipos electrónicos de plantas de producción a sistemas que combinan y sirven de interfaz a los mundos industriales (más cerrados) y de tecnologías de la información o informáticos (más abiertos y dinámicos). En el presente siglo se generalizó el término de Tecnología de la Operación para enfatizar su importancia en la cadena productiva y en el aseguramiento de la información primaria de planta.

Por lo tanto, los activos de control e instrumentación cada vez adquieren más prota-

gonismo en las aplicaciones industriales aportando a la seguridad como capas de seguridad y también a la optimización de los procesos, a través de aplicaciones avanzadas de control, mejorando así la producción y el resultado operacional.

Adicionalmente con el aumento de la interconectividad en las redes industriales, se proporciona información a tiempo y de calidad para la toma de decisiones de la alta dirección.

Finalmente no se debe perder de vista que el fin principal de los sistemas de control e instrumentación es garantizar la operación confiable y segura de los procesos productivos y por tanto su gerenciamiento debe realizarse como cualquier equipo del ámbito industrial basados en la gestión de activos.

## Los límites de las tecnologías de la información (IT) y de la operación (OT)

Basados en el Modelo de Referencia de Purdue para la manufactura integrada sistematizada (Purdue Reference Model for Computer Integrated Manufacturing) incluido en el estándar internacional ANSI/ISA95, se puede identificar cinco niveles en los procesos industriales automatizados, ver Figura 1.

Para describir las diferencias entre las tecnologías IT y OT, se parte del modelo Purdue que hace referencia a la correspondencia de los niveles dentro de la infraestructura de red, siendo los niveles 1 y 2 de OT; mientras que, los niveles 3 y 4 a IT, convergiendo ambas redes en el Nivel 3 donde se encuentra una red desmilitarizada (DMZ) usada por los sistemas de control y supervisión (DCS/MES/SCADA) para el intercambio de información con los aplicativos corporativos.

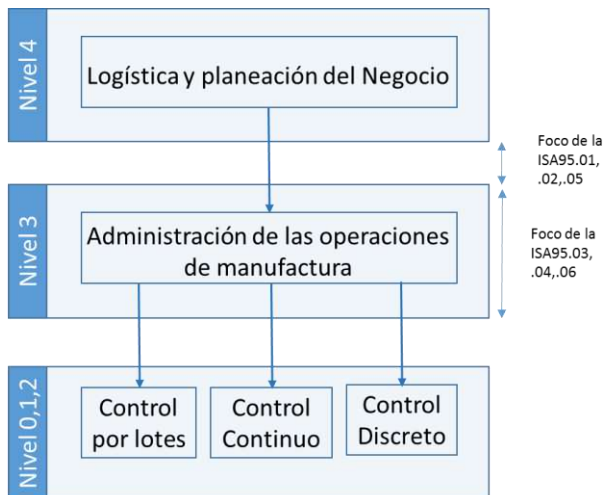


Figura 1 Modelo de referencia Purdue. Adaptado de ISA/ANSI-95, parte 1

Las tecnologías de la información y las tecnologías de la operación, pueden convivir en el ámbito industrial. Las arquitecturas de red y de control, presentan similitudes; sin embargo sus funciones y entornos son muy distintos.

Las Tecnologías de IT. Se caracteriza principalmente por el tratamiento de volúmenes de datos a través de infraestructura de telecomunicaciones.

Las tecnologías de OT. Está dedicada básicamente al monitoreo, control y seguridad de los procesos industriales.

En la Figura 2 y en la Tabla 1, se muestra el enfoque de las tecnologías de IT y OT, según la prioridad para proteger la información que manejan.

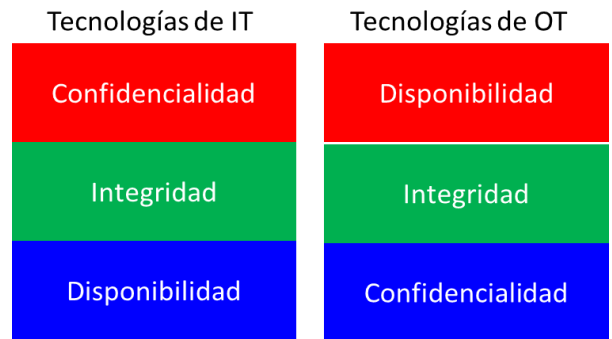


Figura 2. Enfoque prioritario entre las tecnologías de IT y OT. Fuente: los autores. 2019

Tabla 1 Diferencias redes IT y OT. Adaptada de PEREZ, 2018

Prioridades REDES IT	Prioridades REDES OT
1. Confidencialidad	1. Disponibilidad
2. Integridad	2. Integridad
3. Disponibilidad	3. Confidencialidad
<i>Parches Sistema Operativo y software: Actualizaciones con políticas bien definidas.</i>	<i>Parches Sistema Operativo y software: Complejo de desplegar y actualizaciones por periodos de fabricación.</i>

- **Confidencialidad.** Información disponible exclusivamente a personas autorizadas.
- **Integridad.** Mantenimiento de la exactitud y validez de la información, protegiéndola de manipulaciones o alteraciones.

- Disponibilidad. Acceso y utilización, al momento de ser solicitada por una persona autorizada.

Similitudes y diferencias. En términos generales, existen seis parámetros mediante los cuales se comparan las tecnologías de IT y OT.

*i. Número de componentes y de personas responsables de su gestión.* Generalmente para las tecnologías de la información, el número de personas y componentes, suelen ser iguales; en tanto que, para las tecnologías de la operación, hay un número muy grande de dispositivos distribuidos por una o varias plantas, y el número de personas es limitado.

*ii. Condiciones de operación.* Normalmente, la infraestructura de IT, suele ser sensible y debe recibir cuidados más constantes. Mientras tanto, la infraestructura de OT está sometida a altas temperaturas y condiciones extremas.

*iii. Protocolos.* Para las tecnologías de la información, los protocolos suelen ser regidos por normas internacionales menos exhaustivas. Los activos de OT, se rigen normalmente por protocolos propietarios de los fabricantes o por normas según el sector de la industria.

*iv. Flujos de información.* La infraestructura de IT se utiliza para enviar grandes volúmenes de información, mientras que la infraestructura de OT, es utilizada para mantener los procesos en sus condiciones óptimas de operación.

*v. Seguridad.* Para las tecnologías de IT, es muy importante la confidencialidad de la información, mientras que para OT, conceptos como riesgo, disponibilidad y confiabilidad, son más importantes.

*vi. Frecuencia de actualización.* Al ser más vulnerables, las tecnologías de IT, requieren actualizaciones permanentes. Los tecnologías de OT, trabajan largos períodos de tiempo y no

es fácil su actualización o “reparcheo” frecuentes, dado que implican el reinicio de los sistemas.

Por lo tanto, las tecnologías de la operación OT se refieren a los sistemas y equipos, desde el piso de planta (incluye: instrumentación, válvulas de control y dispositivos de campo) hasta los sistemas de control (DCS) o supervisión (SCADA) que permiten el control de la operación y garantizan la seguridad de los procesos; mientras las tecnologías de la información IT incluyen las plataformas de gestión del negocio que toman entre otras fuentes, los datos disponibles en los sistemas de control o supervisión de las plantas. En la Figura 3, se muestra un ejemplo de la pirámide de automatización para la Gerencia Refinería de Barrancabermeja.

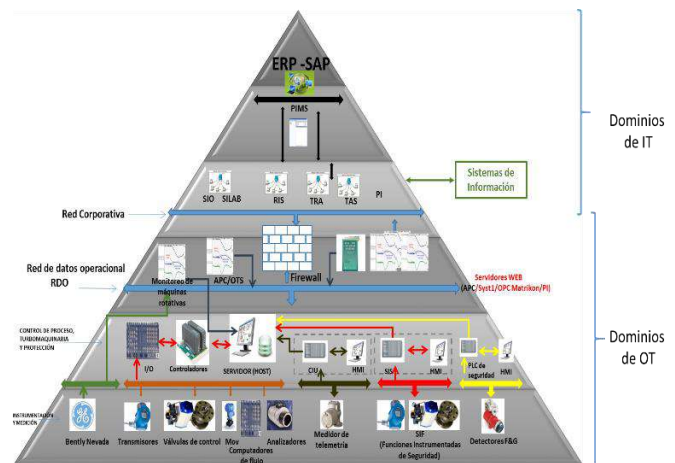


Figura 3. Pirámide de automatización ejemplo caso Gerencia Refinería de Barrancabermeja. Fuente: los autores. 2018.

- El primer nivel o "nivel de campo" incluye los dispositivos tales como: actuadores, válvulas, sensores, transmisores, etc.; es decir, toda la instrumentación necesaria para la toma de datos a través de variables físicas presentes en los procesos.
- El segundo nivel o "nivel de control" incluye los dispositivos relacionados con los sistemas para el monitoreo, control y protección de los procesos.

- El tercer nivel es el "nivel de adquisición", allí se encuentran los sistemas para la optimización de los procesos.
- En un nivel superior, se encuentra el "nivel de planificación", allí están los sistemas de ejecución de la producción (MES).
- La parte superior de la pirámide ("nivel de gestión") la componen los sistemas de gestión integral de la empresa (ERP).

Interconexión de las tecnologías IT y OT. En principio los instrumentos y equipos de control industrial manejaban soluciones cerradas; con lenguajes específicos de programación, propietarios de cada fabricante. Las soluciones técnicas han venido progresando haciéndose cada vez más estándar, para interconectar los diferentes dispositivos de OT entre si y además de facilitar su interconexión con las redes de IT.

### **Una sana comparación de los riesgos asociados con IT y OT**

En la sección anterior, se hablaba de los conceptos que están asociados a las dos tecnologías; sin embargo, claro es que el mayor interés para la IT, es la confidencialidad de los datos, mientras que para las tecnologías de OT es la disponibilidad y confiabilidad (seguridad) de los activos.

Usualmente el riesgo es definido como la combinación de la severidad y la probabilidad de que un evento genere un accidente o incidente. Desde el punto de vista de OT, los riesgos se relacionan con la afectación a los procesos industriales y es el resultado de la combinación de tres factores: materiales peligrosos, un ambiente operativo y eventos no planeados<sup>1</sup>; que desencadenan en afectación a personas, al medio ambiente y pérdidas económicas. Así mismo, derivado de la

infraestructura de OT, se acuña el término ***riesgo operacional***, el cual es aquel que puede ocasionar pérdidas resultantes de la falta de adecuación o fallas en los procesos internos, de la actuación del personal o de los sistemas o que sean producto de eventos externos<sup>2</sup>. Los riesgos en OT, a su vez generan un impacto sobre las personas, el ambiente o económico.

- El impacto a la comunidad. Valorado en función de la afectación de la población (incluyendo pérdida de vidas humanas y la alteración de la vida cotidiana).
- Impacto ambiental. Valorado en función de los años que tarda la recuperación del ambiente.
- El impacto económico. Valorado en función de la magnitud de las pérdidas económicas en relación con el Producto Interno Bruto de Colombia (PIB).

En la perspectiva de IT, el riesgo se relaciona con las deficiencias, vulnerabilidades y errores que afectan los servicios o infraestructura informática y que pueden comprometer la información o la operatividad de las empresas o de las organizaciones. Los focos principales de la gestión de riesgos en IT, se relacionan con:

- Gestión de los servicios. Se relaciona con la evaluación y documentación de riesgos relacionados con la continuidad y disponibilidad de servicios incluyendo la seguridad de la información. Se basa en el estándar ISO-20000, ITSM e ITIL.
- Seguridad de la información. Se direcciona hacia la evaluación y tratamiento de riesgos específicos para la seguridad de la información, referenciados especialmente a las normas ISO/IEC-27001/5 e ISO31000.
- Gestión del gobierno empresarial de TI. Se orienta a la gestión de riesgos del Sistema de Gestión de Seguridad de la Información (SGSI) para asegurar que a todo nivel se esté alineado con los riesgos empresariales.

<sup>1</sup> AICHE

<sup>2</sup> Comité de Basilea, referenciado en Guía para la Identificación de Infraestructura Crítica Cibernética (ICC) de Colombia. 2015

## La implementación de la gestión de activos en OT – caso Gerencia Refinería de Barrancabermeja (GRB)

El modelo de gestión de activos de ECOPETROL S.A. incorpora los lineamientos de la PAS55 y ajustándolo posteriormente a la ISO 55000, la experiencia de varios años de operación y la incorporación de mejores prácticas de compañías multinacionales, con las cuales se ha establecido acuerdos y alianzas estratégicas en diversos programas de mejoramiento continuo, ha sido nutrido y adaptado a las necesidades específicas del negocio. En la Figura 4, se muestra el mapa de proceso simplificado del modelo de gestión de activos implementado en la GRB.



Figura 4. Mapa simplificado del proceso de gestión de activos implementado en la GRB. Fuente: los autores. 2011.

La incorporación del activo está asociada con la etapa de desarrollo, diseño, construcción y puesta en servicio del activo, incorporando todos los elementos necesarios para la operación y el mantenimiento del activo a lo largo de su vida.

Las etapas de operación de mantenimiento y operación estructurada ejecutan las acciones operativas y las actividades de mantenimiento necesarias garantizando la funcionalidad del activo.

La etapa de optimización caracteriza en todo momento la condición del activo, identificando sus fallas de forma oportuna, administrando las modificaciones que se les realizan,

minimizando los riesgos, maximizando la confiabilidad y la disponibilidad a un costo óptimo, garantizando la vigencia de los activos y del conocimiento del personal.

Finalmente la etapa de desincorporación en la cual se ejecutan las actividades de retiro y desmantelamiento de los activos, cuando su vida útil ha llegado a su fin y se ha evaluado que es mejor su desinstalación completa (tanto físicamente como de los estados financieros de la compañía), e incorporar un nuevo activo.

### **¿Por qué la gestión de activos?**

El control y el gobierno eficaces de activos por parte de las Organizaciones, es esencial para alcanzar a través de la gestión de los riesgos y las oportunidades, a fin de obtener el balance deseado entre costos, riesgos y desempeño.<sup>3</sup> A continuación se presentan los factores de éxito en el proceso de implementación de la gestión de activos de OT en la refinería:

Organización. La gestión sobre los activos parte de los lineamientos técnicos definidos en la Autoridad Técnica de instrumentación, control y protección de la Refinería.

La Autoridad Técnica se compone de un grupo de especialistas reconocidos por sus altas competencias y trabajan en equipo para analizar, articular y dar lineamientos para el logro de los resultados de la especialidad<sup>4</sup>. Para conseguir este objetivo, la autoridad se soporta de las áreas de mantenimiento, planeación, proyectos, confiabilidad, medición, integridad técnica de la GRB, y en ocasiones de los aliados y entes técnicos externos; con foco en el apoyo a las áreas operativas. En la Figura 5, se muestra la estructura y composición de la autoridad técnica.

<sup>3</sup> Gestión de activos. Familia de normas UNE-ISO 55000. PMM University. 2015

<sup>4</sup> Guía Autoridades Técnicas GRB (RFN-G-2015)



Figura 5. Composición autoridad técnica de la especialidad de Instrumentación y Control GRB. 2018

Alineación con los objetivos estratégicos de la GRB. La autoridad técnica para cumplir con los objetivos estratégicos de la GRB, cuenta con cuatro pilares, los cuales se desdoblan en actividades orientadas a la optimización de los costos, la disminución de los riesgos y la mejora del desempeño de los activos. En la Figura 6,



Figura 6. Estrategia de gestión de activos de la Autoridad Técnica de Instrumentación y Control de la GRB. 2019

Familias de activos. En la GRB, existen actualmente alrededor de cincuenta mil equipos asociados a toda la infraestructura de OT; entre ellos, se pueden contar: plataformas de monitoreo, control y protección de los procesos y de máquinas rotativas, instrumentación de campo, válvulas de diferentes tipos (control, diluvio, protección), analizadores en línea, y sistemas auxiliares, como: circuito cerrado de televisión, sistemas de intercomunicación, controles de acceso y sistema para detección de alarmas e incendios en edificaciones (DAEI). En la Figura 7, se muestra el universo de

equipos asociados a OT, que se gestionan en la GRB.



Figura 7. Universo de equipos asociados a OT en la GRB. Fuente: los autores. 2018

Operativizando la gestión de activos. Mediante un modelo conceptual que finalmente se desdobra en acciones del hacer diario, se establecen todas aquellas actividades requeridas para asegurar el buen desempeño de los activos, la validación y cálculo de su vida remanente mientras esté operando, el análisis de la condición del activo, la gestión de los modos de fallas identificados y eliminación de los defectos, el ajuste de los planes de mantenimiento, la identificación de las tareas de cuidado básico: realizadas por el personal de operaciones, de mantenimiento y de ingeniería, el aseguramiento de la confiabilidad, etc. En la Figura 8, este modelo conceptual.

### Beneficios de asociados con la implementación de la gestión de activos en OT

Se ha evidenciado que una buena gestión sobre los activos, garantiza unos beneficios, en el caso de esta especialidad, se ha obtenido:

- Aumento de la confiabilidad y disponibilidad de los activos
- Disminución de los costos operativos
- Identificación y gestión de los riesgos
- Garantizar la seguridad de los procesos
- Asegurar la continuidad del negocio



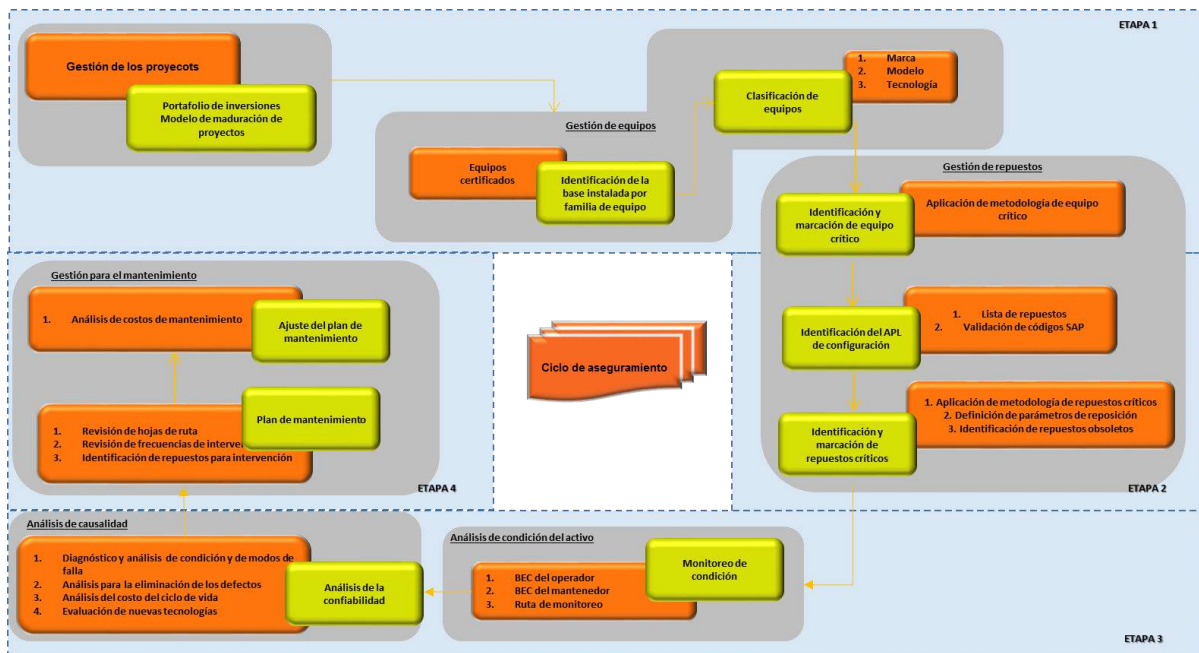


Figura 8. Modelo conceptual para la operativización de la gestión de activos de instrumentación y control.  
Fuente: los autores. 2018

Ahora bien, teniendo en cuenta que ese acercamiento entre IT y OT, incorpora unas amenazas significativas que anteriormente, no eran evidentes, en la GRB, se ha implementado un modelo de gestión de riesgos a los activos críticos de OT denominado CIBAI (CIBerseguridad de los Activos Industriales GRB) desarrollado a partir de la revisión transversal de los estándares ISA 62443, ISO 27000, ANSI /ISA 99, NIST – SP 800-82. El objetivo del modelo es desarrollar e implementar una política de seguridad para los sistemas de control y protección alineada con la política de seguridad de la Organización garantizando la continuidad del negocio.

### Conclusiones, comentarios y recomendaciones

Aunque la convergencia de las tecnologías de IT y OT permite asegurar la integralidad del proceso de fabricación gracias a las sinergias generadas entre los procesos productivos y administrativos que redundan en mayores

beneficios empresariales; también es cierto, que los riesgos cibernéticos inherentes a las tecnologías abiertas de TI, se trasladen a los procesos de manufactura. En conclusión se debe considerar las tecnologías de OT y de IT como redes complementarias y convergentes, pero gestionadas y administradas de manera segregada e independiente.

La Tecnología de la Operación OT se refiere a los sistemas y equipos que permiten el control y seguridad de los procesos productivos, mientras la Tecnología de la Información IT incluyen las plataformas de gestión de la información del negocio. En principio eran tecnologías completamente diferenciadas, pero en el marco de la revolución industrial 4.0, deben converger con el fin de tener información a tiempo y de calidad para mejorar la toma de decisiones y pasar de la simple automatización a la optimización de las operaciones .

El objetivo principal de los sistemas de control e instrumentación (OT) es garantizar la

operación confiable y segura de los procesos productivos y por tanto su gerenciamiento debe realizarse como cualquier equipo del ámbito industrial basados en la gestión de activos y ser administrados de manera segregada e independiente que los activos IT.

Con la convergencia IT y OT se incorporan riesgos de carácter cibernéticos al proceso industrial y por tanto se hace necesario incorporar elementos de la gestión de ciberseguridad que complemente la gestión de activos de OT, para garantizar la disponibilidad e integridad de la operación y la continuidad del negocio.

### **Referencias**

- [1] Guía para la Identificación de Infraestructura Crítica Cibernética (ICC) de Colombia – Primera Edición. Comando General Fuerzas Militares de Colombia. 2015.
- [2] Mapa de procesos de Ecopetrol. Proceso de Gestión de activos industriales. Varios autores ECOPETROL. Bogotá.
- [3] Ciberseguridad sobre Activos Industriales de GRB – modelo CIBAI. Miguel Tristancho, Fabio Jaimes. ECOPETROL-GRB. 2018.
- [4] Norma ISA/ANSI 95. ISA - International Society of Automation y ANSI - American National Standards Institute. 2010.

Milton Alexander Velasquez Lombana. Ingeniero electrónico, con especialización en telecomunicaciones y Magister en ingeniería industrial de la Universidad de los Andes. Con 22 años de experiencia, de los cuales 20 en ECOPETROL S.A., inicialmente en el área de mantenimiento y luego en confiabilidad de instrumentación y control. Sus áreas de profundización están en el control de procesos, confiabilidad y gestión de ciberseguridad. Integrante del equipo que participó en los proyectos de actualización tecnológica de las áreas Petroquímica y Servicios Industriales de refinería y participante en la estructuración de la gestión de soporte y seguridad de la red de datos operacionales de refinería.

Aileen Diane Pusey Mitchell. Ing. electrónica, con especialización en gerencia y evaluación de proyectos y maestría en ingeniería industrial, con 20 años de experiencia en ECOPETROL, desempeñándose en las áreas de mantenimiento y confiabilidad en la especialidad de instrumentación y control. Sus principales fortalezas técnicas están en las áreas de control de procesos, seguridad de proceso, confiabilidad y gestión de activos. Ha participado en diferentes proyectos, entre ellos: automatización de procesos en el área de Petroquímica, excelencia operacional (en su componente ingeniería con excelencia), y la implementación del ERP-SAP.

Co-autores del presente trabajo:

Ingenieros de la Coordinación de Control y Electrónica GRB.

Nombre: Milton Velásquez Lombana

Teléfono:

- a. Oficina: (57) 7 6208754
- b. Celular: 3106984535

Dirección:

- c. Residencia: Casa 22 Barrio Yariguies, GRB ECOPETROL S.A.
- d. Oficina: Av. 25 de agosto GRB ECOPETROL S.A.
- e. Email: [milton.velasquez@ecopetrol.com.co](mailto:milton.velasquez@ecopetrol.com.co)
- f. Ciudad: Barrancabermeja
- g. País: Colombia

Nombre: Aileen Diane Pusey Mitchell

Teléfono:

- a. Residencia: (57) 7 6225892
- b. Oficina: (57) 7 6208937
- c. Celular: 3112786879

Dirección:

- a. Residencia: Cra. 19 No. 62-19 B. Parnaso
- b. Oficina: Av. 25 de agosto GRB ECOPETROL S.A.
- c. E-mail: [Aileen.Pusey@ecopetrol.com.co](mailto:Aileen.Pusey@ecopetrol.com.co)
- d. Ciudad: Barrancabermeja
- e. País: Colombia