

Implementación de la Ingeniería del Desempeño Humano en Operaciones de Work-over

Autores de Referencia:	Monica Cristina Duran, Independence Drilling (mcduran@independence.com.co) Juan Carlos López, Lopez Performance Solutions (jclopez@lopesolutions.com)
Patrocinadores:	Maria Elena Arango, Independence Drilling. Pedro Ariza, Colmena Seguros
Autores:	Fredy Aguilera, Colmena Seguros. Walter Friedl, Lopez Performance Solutions

Abstract

Los autores utilizan la ciencia del comportamiento para maximizar el desempeño humano y eliminar incidentes de seguridad y operacionales a través de la metodología de la Ingeniería del Desempeño Humano y el acompañamiento a los líderes de la organización para fomentar un estilo de liderazgo transformacional.

Este documento describe la implementación de la Ingeniería del Desempeño Humano en las operaciones de work-over de la empresa con mayor número de equipos en Colombia, incluyendo 21 taladros en cinco diferentes áreas geográficas, entre febrero del 2021 y diciembre del 2022. Se describen en detalle las etapas seguidas durante la implementación, incluyendo el proceso de identificación de los procesos que causan mayores pérdidas a la organización, el análisis de los procesos para identificar los comportamientos críticos, la medición de la línea base de adherencia comportamental, el proceso de intervención y el escalamiento del proceso a otras unidades operativas.

De igual forma, se describen las herramientas tecnológicas desarrolladas para permitir la medición de adherencia comportamental que permiten una evaluación estadísticamente válida y significativa de los niveles de adherencia comportamental observados y las tendencias.

Se presentan los resultados obtenidos hasta la fecha, incluyendo el impacto en severidad y frecuencia de los incidentes con lesiones a personas al igual que el impacto en la eficiencia operacional de la organización.

Finalmente, se describe el programa de acompañamiento a los líderes de la organización, soportado por herramientas estadísticas de medición que facilitan la transición a un estilo de liderazgo transformacional que viabiliza la adherencia comportamental del personal basada en la convicción y no la imposición de procedimientos.

Palabras Clave

Desempeño Humano, ingeniería, factores humanos, significancia estadística, riesgo, andragogía, liderazgo con propósito, accidentes, lesiones, tiempos no productivos, Colombia, work over, perforación, sostenibilidad

1. Introducción

La metodología se ha venido aplicando por los últimos dos años en la mayor compañía de servicios de perforación y work-over en Colombia, operando 4 taladros de perforación y 27 taladros de work-over con presencia en todas las principales áreas de explotación de hidrocarburos que se extienden a lo largo y ancho de la geografía colombiana. En colaboración con la Administradora de Riesgos Laborales (ARL) y la consultora experta en ciencia del desempeño humano el proyecto de implementación de la metodología de Ingeniería del Desempeño Humano se inició en las operaciones de work-over en Febrero de 2021, con el fin de reducir la frecuencia y severidad de incidentes relacionados con desviaciones a los procesos e incrementar la eficiencia operacional de la organización.

La empresa cuenta con un sistema de gestión de salud y seguridad en el trabajo sólido y maduro, que le ha permitido reducir de forma consistente, año tras año, la frecuencia y severidad de los incidentes de seguridad en el trabajo. Sin embargo, al inicio del proyecto se presentaban gran cantidad de incidentes asociados a desviaciones de los procedimientos establecidos. La organización identificó que para conseguir la mejora continua en el desempeño de seguridad e integridad operacional era necesaria la implementación de estrategias no convencionales, que se enfoquen en generar cambios sostenibles en el comportamiento de los empleados, para alcanzar mayores niveles de adherencia a los procedimientos.

Investigación científica (Manna, 2007, IOGP, 2020) muestra que los factores humanos juegan un papel fundamental en la prevención de incidentes, donde la disciplina operativa es un factor importante. La metodología de Ingeniería del Desempeño Humano (IDH) genera mejoras estadísticamente significativas a la adherencia procedimental, utilizando el conocimiento y experiencia del personal que realiza las actividades. Con ellos se determinan los factores del entorno operacional y de los empleados que los motivan a seguir o desviarse de los procedimientos.

La metodología IDH se basa en principios de la ciencia del comportamiento en cuatro etapas enumeradas a continuación y que se describen en detalle más adelante, en este documento:

1. Identificación de los procesos que causan pérdidas a la organización.
2. Identificación de los comportamientos críticos y medición de la línea basal de adherencia comportamental.
3. Intervención y retroalimentación.
4. Escalamiento

La implementación de la metodología IDH es soportada por un programa de acompañamiento a los líderes de la organización (Liderazgo con Propósito - LcP) que busca promover y desarrollar comportamientos de liderazgo transformacional entre el grupo de gerencia, con el fin de sensibilizar y preparar a los líderes para apoyar los cambios y requerimientos relacionados con la iniciativa.

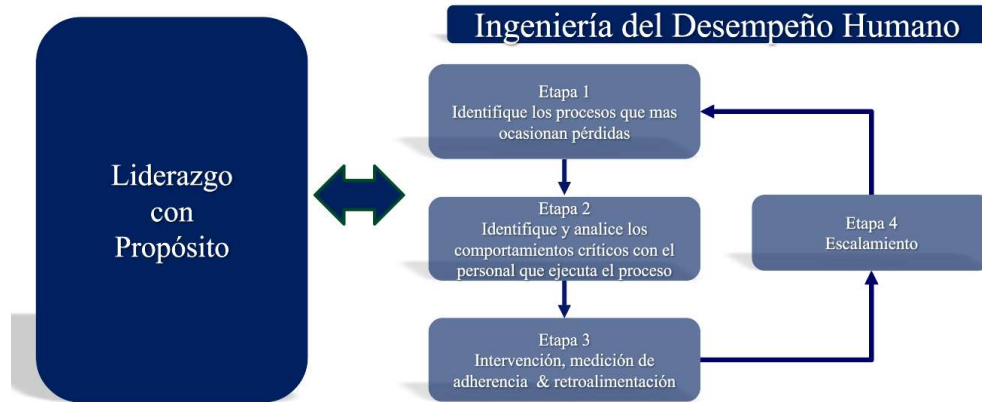


Figura 1. Etapas de IDH y Liderazgo con Propósito (LcP). Lopez et. al. (2021)

2. Metodología de la Ingeniería del Desempeño Humano

A continuación, se describen las cuatro etapas de la metodología de la Ingeniería del Desempeño Humano.

2.1 Etapa 1 – Identificación de los procesos que causan pérdidas en la organización: A través de análisis estadístico de datos históricos de incidentes, tiempos operacionales no productivos y interrupciones en las operaciones se identifican los procesos que causan mayores pérdidas a la organización. De igual forma se seleccionan algunas unidades operacionales que participaran como locaciones piloto para la implementación de la metodología IDH.

Durante esta etapa es recomendable realizar visitas de campo para observar los procesos identificados, entrevistar personal involucrado en su ejecución y coleccionar material fotográfico y de video que será utilizado en sesiones de sensibilización y entrenamiento del personal y en las sesiones de calibración de observadores.

2.2 Etapa 2 - Identificación y análisis de los comportamientos críticos: Los procesos identificados durante la Etapa 1 son analizados por el personal que está involucrado directamente en la ejecución del proceso, junto con miembros de las gerencias técnicas, operaciones, mantenimiento y HSE. El análisis se realiza con base en la documentación existente (procesos, estándares, procedimientos, listas de chequeo).

Los participantes identifican brechas en los procedimientos, basados en su experiencia y conocimiento. De igual forma se identifican aquellos pasos en el proceso que son percibidos como de alto riesgo o que de forma frecuente conducen a tiempos perdidos en la operación. Las actividades identificadas son priorizadas con base en su criticalidad y los niveles de control existentes para cada paso y la variabilidad con que se ejecutan estas actividades.

Para aquellas actividades de alta prioridad, los participantes definen la topografía del comportamiento esperado, que describe en detalle la forma en que dicha actividad se debe realizar. Los comportamientos son analizados utilizando la relación de contingencia de tres términos (Skinner, 1976), para identificar los antecedentes y consecuencias que existen o son requeridos para promover el comportamiento esperado o motivar comportamientos variantes.

De igual forma, se realiza el análisis de las brechas de la organización (información, instrumentación y herramientas e incentivos) y de las brechas del individuo o equipo (conocimiento, capacidad y motivación) utilizando el modelo de ingeniería del comportamiento de Gilbert (1986).

Los resultados del análisis de antecedentes y consecuencias del comportamiento al igual que el análisis de brechas de la organización y del individuo/equipo son el insumo principal para definir el plan de intervención que define las acciones requeridas por parte de la organización para modificar el contexto operacional para eliminar los comportamientos variantes y promover la adherencia comportamental.

Finalmente, se define el protocolo de medición de los comportamientos y los mecanismos de retroalimentación rápida, certera y positiva.

El involucramiento y la participación directa del personal operativo que realiza las actividades del proceso seleccionado en los talleres de análisis de procesos y comportamientos es fundamental para promover la adherencia comportamental por convicción en las etapas futuras del proyecto.

2.2.1 Calibración de observadores: Si bien hoy en día es posible coleccionar información de sensores, listas de chequeo y sistemas de información digital de los equipos o sistemas involucrados en los procesos, en muchos casos es necesario que sea un miembro del equipo de trabajo quien observe la ejecución de las actividades y documente si estas se realizaron conforme a la topografía de los comportamientos esperados.

Con el fin de asegurar consistencia en las observaciones de los comportamientos críticos, se realizan sesiones de entrenamiento para algunos de los miembros de los equipos de trabajo, quienes observan y evalúan de forma periódica y sistemática si hubo o no adherencia a los comportamientos críticos.

El proceso de calibración de observadores (IOA – Inter-Observer Agreement) permite determinar la competencia de los nuevos observadores, detectar la desviación del observador en el transcurso de un estudio, aumenta la confianza de que el comportamiento objetivo se definió claramente y permite confirmar que el cambio en los datos se debe a un cambio en el comportamiento y no en la recopilación de datos.

2.2.2 Plataforma de adquisición y análisis de información comportamental

La consultora desarrollo una plataforma digital de adquisición y análisis de información comportamental, que permite la colección de datos conforme al protocolo de medición definido, incluyendo tarjetas de observación, listas de chequeo o información de los sensores de los sistemas digitales incorporados en los equipos o maquinaria involucrados en el proceso identificado.

2.2.3 Medición de la línea basal de adherencia comportamental

Con una cantidad suficiente de observadores entrenados y calibrados y con la plataforma digital de adquisición y análisis de datos en funcionamiento, es el momento de iniciar el proceso de colección de datos de adherencia comportamental para definir la línea base en las unidades operativas piloto, y que constituirá el punto de referencia para evaluar el progreso y éxito de la implementación de la metodología IDH.

Se define el tiempo durante el cual se coleccionarán datos para establecer la línea base, el cual podrá ser ajustado basado en la cantidad y calidad de las observaciones recibidas, asegurando que los datos obtenidos sean estadísticamente válidos y significativos.

2.3 Etapa 3 – Intervención y retroalimentación: Una vez se ha establecido la línea base de adherencia comportamental y el plan de intervención ha progresado en su implementación, se inicia la retroalimentación periódica a cada una de las unidades operativas que hacen parte del proyecto piloto, mostrando los niveles de adherencia alcanzados y recomendaciones para mejorar los niveles de adherencia.

El rol del supervisor es fundamental para socializar los resultados, discutir las áreas de mejora identificadas y acordar los cambios en que el equipo de trabajo se enfocara; de esta manera el incremento en los niveles de adherencia es auto gestionado por los equipos de trabajo y no impuesto por la gerencia. Reportes gerenciales son discutidos con los lideres semanalmente para definir su soporte al proyecto.

La etapa 3 llega a su conclusión cuando se alcanzan niveles de adherencia sostenidos en el tiempo y la frecuencia y severidad de los incidentes muestra una reducción significativa. En este momento la organización decide escalar la iniciativa al resto de unidades operativas.

2.4 Etapa 4 – Escalamiento: Una vez la correlación entre el incremento de la adherencia comportamental y la reducción en la frecuencia y severidad de los incidentes ha sido demostrada estadísticamente, la etapa de escalamiento es diseñada y presentada a la gerencia para expandir la iniciativa a todas las unidades operativas de la compañía. Esta etapa puede requerir, si fuese necesario, modificaciones o ajustes al plan de intervención y al protocolo de medición de comportamientos con el fin de ajustarlos al contexto operacional de las nuevas unidades operacionales, incluyendo aspectos culturales, barreras de lenguaje, practicas operacionales y reglamentación local.

2.5 El programa de Liderazgo con Propósito:

Este programa de acompañamiento, guía a los lideres de la organización a adaptar y adoptar comportamientos de liderazgo transformacional que incrementen la efectividad de su gestión a través de soporte e involucramiento con sus equipos de trabajo.

El cuestionario ‘Multi-factor Leadership’ (Bass, Avolio, 1996) es una herramienta psicométrica probada estadísticamente. Lideres seleccionados realizan una autoevaluación para determinar los principales comportamientos de liderazgo que gobiernan su propio estilo. Múltiples entrevistas son conducidas para identificar los comportamientos que el líder quiere adoptar para mejorar su efectividad y se define un plan de acción para generar nuevos hábitos.

Una segunda encuesta, utilizando el mismo cuestionario, es completada por el individuo para determinar los cambios en el estilo de liderazgo. Estas encuestas pueden ser acompañadas de una evaluación 360, donde su equipo de trabajo evalúa el estilo de liderazgo de su jefe o supervisor.

Reportes individuales y confidenciales son entregados a cada líder para motivar la auto gestión de su mejora. Reportes grupales son discutidos con la gerencia para identificar áreas de mejora desde el punto de vista del comportamiento organizacional.

3. La Metodología IDH aplicada a las operaciones de taladros de work-over

En esta sección se describe la implementación de la metodología descrita anteriormente en las operaciones de work-over de la empresa.

3.1 Selección de los procesos críticos

Para identificar los procesos que contribuían mayormente a las pérdidas de la organización, se analizaron los incidentes de seguridad industrial y operacionales registrados entre enero del 2019 y febrero del 2021. Un total de 367 incidentes, cada uno con 57 atributos fueron clasificados con base en los siguientes parámetros:

- Proceso: actividad que en curso en el momento que el incidente tuvo lugar
- Lugar: lugar en la localización donde el incidente ocurrió
- Herramienta / equipo: componente que se estaba utilizando o al que se le hacía servicio o mantenimiento o que fallo en el momento del incidente.

La clasificación de procesos para actividades de perforación y servicio de pozos de crudo y gas de OSHA fue utilizada para clasificar cada incidente conforme al proceso o actividad que se llevaba a cabo en el momento del incidente.

Basados en análisis de frecuencia de incidentes por proceso (Figura 2), se identificaron 2 procesos críticos:

- Arme y desarme del equipo:
 - Uno de los 3 procesos que contribuyen mayormente a los incidentes con lesiones y que tienen mayor potencial desde el punto de vista de seguridad en los procesos.
 - Considerando la complejidad del proceso, se realizó una encuesta entre los supervisores de los taladros de work-over para determinar el subproceso que involucra el mayor impacto en seguridad y eficiencia operacional. La actividad de izaje y bajada de la primera sección de la torre fue identificado por más del 90% de los supervisores.
- Manipulación de tubulares en la mesa del taladro:
 - La manipulación de tubulares en la mesa del taladro es el segundo proceso con mayor incidencia de lesiones personales.
 - La mesa el taladro es el lugar con mayor frecuencia de incidentes incapacitantes (Figura 3).
 - Desde el punto de vista de herramientas/componentes, el elevador, la llave hidráulica y los winches son los componentes relacionados con la mayoría de incidentes, todos estos relacionados con actividades en la mesa del taladro (Figura 4).
 - Los roles que presentan la mayor frecuencia de incidentes con lesiones personales son los cuñeros y el encuellador, ambos involucrados en las actividades relacionadas con manipulación de tubulares en la mesa del taladro.

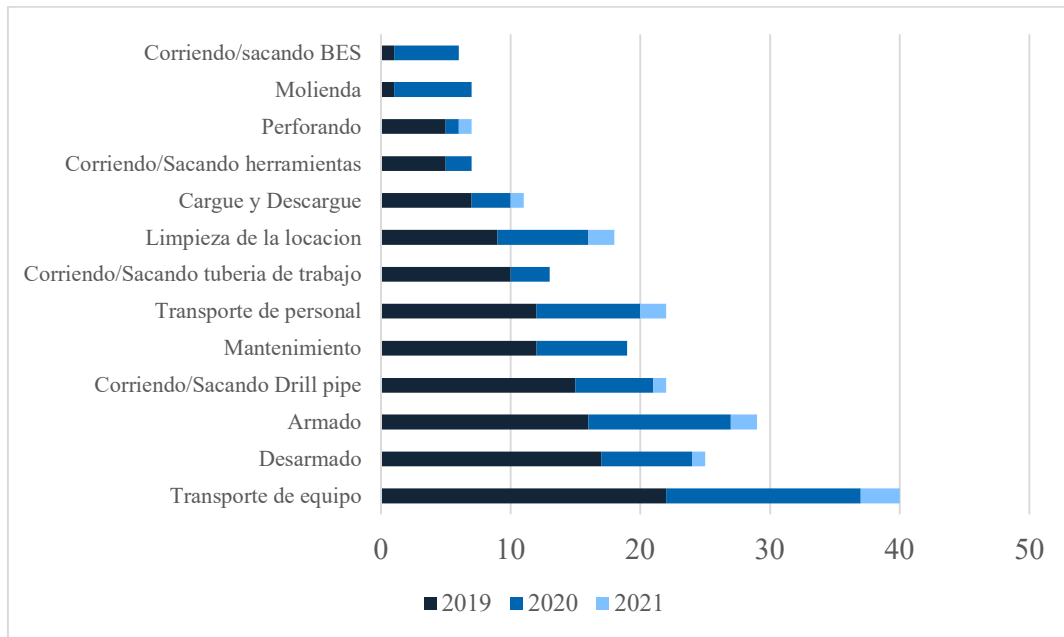


Figura 2. Análisis de frecuencia de incidentes por proceso (2019 – 2021)

Durante el periodo de análisis, 25% de los incidentes con lesiones personales ocurrieron durante el proceso de arme y desarme de la torre, mientras que 11% de los incidentes con lesiones personales están relacionados con el proceso de manipulación de tubulares en la mesa del taladro.

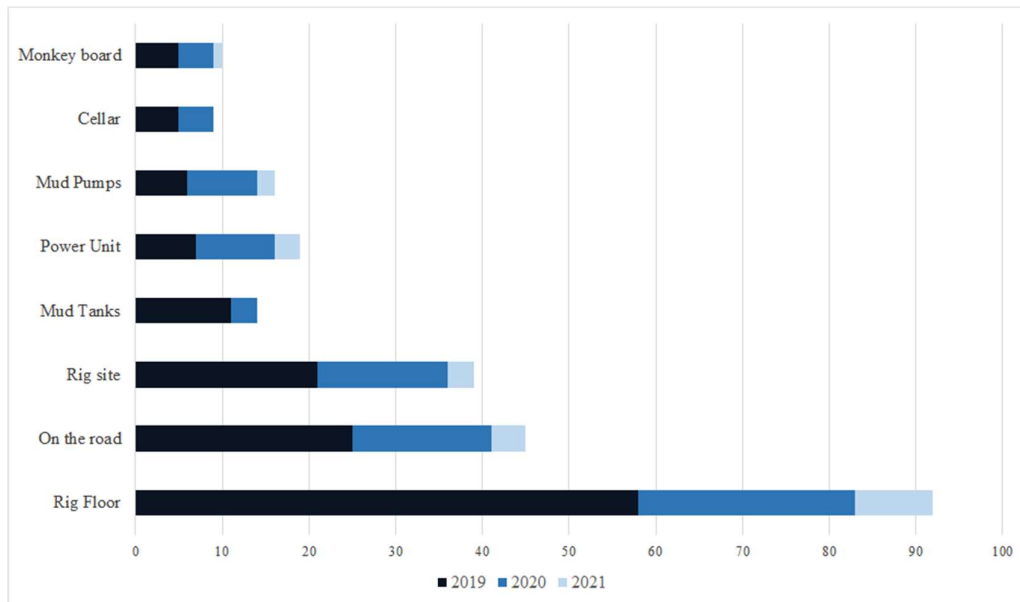


Figura 3. Análisis de frecuencia de incidentes por lugar (2019 – 2021)

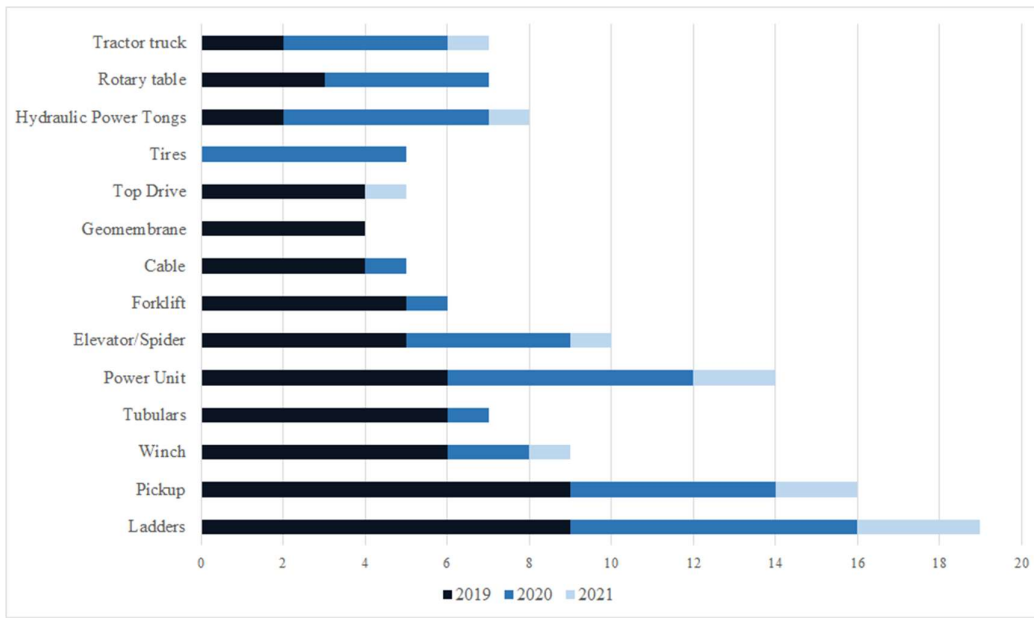


Figura 4. Análisis de frecuencia de incidentes por herramienta/componente (2019 – 2021)

3.2 Identificación y análisis de los comportamientos críticos

A través de talleres realizados para analizar los procesos seleccionados, se identificaron y analizaron un total de 16 comportamientos críticos.

En relación con el proceso de manipulación de tubulares en la mesa del taladro, se identificaron ocho comportamientos críticos. Los comportamientos están relacionados con

- a. la seguridad de las manos de los cuñeros y el encuellador,
- b. la inspección y disponibilidad de herramientas y equipos,
- c. el orden y aseo en la mesa del taladro,
- d. la percepción de la línea de peligro y finamente
- e. la intervención del maquinista cuando el personal no cumple con los comportamientos esperados.

Para el proceso de izaje y bajada de la primera sección de la torre, los comportamientos críticos identificados están relacionados con:

- a. La comunicación y control del personal involucrado en la tarea,
- b. aseguramiento del bloque viajero para la movilización,
- c. izaje mecánico,
- d. trabajos en altura,
- e. tareas de mantenimiento relacionadas con la preparación para subir y/o bajar la primera sección de la torre, y
- f. nivelación de la unidad básica.

3.2.1 Análisis de fuentes de variabilidad comportamental

El análisis de Skinner y la matriz de Gilbert permitieron una comprensión de los antecedentes y las consecuencias que generan la variación del comportamiento y que conducen a las fallas de control en el proceso y las pérdidas operativas.

En relación con el contexto operacional, se identificaron los siguientes hallazgos:

- Documentación / Información:
 - Procedimientos incorrectos, desactualizados o contradictorios: Se identificaron múltiples vacíos en la documentación de gobierno de los procesos analizados. En algunos casos, los procedimientos existían, pero estaban desactualizados después de que se implementaron mejoras técnicas o se adoptaron nuevas herramientas. En varios casos, se encontró información contradictoria en documentos que rigen el mismo proceso (por ejemplo, roles y responsabilidades).
 - Listas de chequeo: Existe un número significativo de listas de chequeo que cubren las operaciones, el mantenimiento y la planificación. La mayoría de estas listas de verificación incluyen tareas e información redundantes que hacen que la lista de verificación sea difícil de completar. El personal percibe las listas de control como una carga administrativa. En la mayoría de los casos, las listas de verificación se completan después de la operación y no se utilizan como herramienta para controlar el riesgo.
- Herramientas, Equipos e Instrumentación
 - Falta de disponibilidad de herramientas, equipos, repuestos y suministros: La falta de disponibilidad de herramientas y equipos de back-up y repuestos inadecuados llevan al personal a realizar operaciones con equipos en condiciones deficientes.
 - Limitaciones de equipo o equipo fuera de especificaciones: Se identificaron instancias donde las limitaciones del equipo impiden que el personal de campo siga los procedimientos definidos. Esto incluye aspectos relacionados con el procedimiento de nivelación del equipo y las operaciones de izaje mecánico.
 - Diseño inadecuado de equipos – trabajo en alturas: La inexistencia de puntos de anclaje certificados para realizar trabajos en altura en el piso del maquinista durante el arme del equipo, cuando los pasamanos no están en su lugar, llevan al personal a realizar trabajos en altura sin el equipo de protección personal adecuado.
- Incentivos
 - Objetivos conflictivos: Como consecuencia de la presión para realizar el arme o desarme del equipo de forma rápida, el personal de campo reconoció que en múltiples escenarios llevan a cabo operaciones que se desvían de los procedimientos con el fin de ahorrar tiempo.
 - Falta de retroalimentación positiva: Los miembros del equipo que participaron en el taller afirmaron que la retroalimentación ante una tarea bien realizada es escasa en las operaciones de campo.

- Falta de un programa de reconocimiento: Los programas establecidos para reconocer a los equipos con mejor desempeño se suspendieron debido a la desaceleración de la actividad de la industria.

- Procedimientos poco claros para el avance profesional: Si bien la oportunidad de crecer dentro de la organización es un factor motivador, la comprensión inadecuada e insuficiente de los criterios para alcanzar una promoción constituye una fuente importante de frustración entre los empleados.

En relación con el repertorio de atributos personales y del equipo, se encontraron los siguientes hallazgos:

- Conocimiento

- Limitaciones legales para el proceso de contratación de personal: Los requisitos legales imponen una cantidad significativa de contenido local, por lo que el personal de operaciones debe ser contratado entre las comunidades donde operará el taladro. Las personas con experiencia previa en operaciones de taladros suelen estar disponibles, pero por lo general tienen bajos niveles de compromiso y disciplina operativa, ya que sus trabajos están casi garantizados. En muchos casos, las malas prácticas se aceptan tácitamente, lo que lleva a casi accidentes, lesiones personales e incidentes operativos.

- Competencias: Existe un programa de entrenamiento para todos los empleados en el idioma local, lo que les permite aprender sobre procedimientos, evaluaciones de riesgos y manuales de equipos. Este programa se complementa con la formación en el puesto de trabajo. Los empleados solicitan evaluaciones sobre los diferentes temas para demostrar sus conocimientos; la finalización exitosa de estas evaluaciones es parte de los requisitos para las promociones. Existe un proceso para buscar la retroalimentación de los empleados sobre los procedimientos, para identificar oportunidades de mejora. Sin embargo, no existe un proceso formal para evaluar la competencia del personal.

- Falta de capacitación práctica: Como complemento al programa de entrenamiento descrito anteriormente, faltan sesiones de capacitación teórico-prácticas para cubrir equipos y herramientas básicos, diagnóstico y resolución de fallas en equipos, inspección y mantenimiento.

- Motivación

- Falta de intervención: Aunque existen procedimientos y políticas para capacitar a los empleados para que dejen el trabajo por seguridad y se han implementado múltiples iniciativas de seguridad basadas en el comportamiento, se percibe una falta de motivación para intervenir. La falta de intervención de los líderes de la cuadrilla o de los miembros de la cuadrilla sobre las malas prácticas se convierte en una aprobación silenciosa de la variante de comportamiento.

3.3 Línea base de adherencia comportamental, intervención y retroalimentación en las torres piloto

Se desarrollaron tarjetas de observación para documentar las observaciones en una plataforma digital diseñada específicamente para analizar los niveles de adherencia comportamental y se desarrolló una interfase para permitir la captura de datos a través de la web, teléfonos móviles y tabletas.

Durante la construcción de la línea base, las observaciones comportamentales son recolectadas y analizadas para determinar la media y desviación estándar de los niveles de adherencia de cada comportamiento crítico, sin intervención. La línea base se construyó durante 40 días, en los que se recolectaron más de 1.000 observaciones en los equipos piloto.

Empleados de campo seleccionados fueron entrenados y calibrados para convertirse en observadores. La calibración de observadores (IOA), se enfoca en asegurar que todos los observadores tengan un nivel similar de comprensión de la topografía de los comportamientos críticos y cómo reportar la adherencia o la varianza. Este ejercicio se realizó utilizando fotografías y videos de la operación que muestran los comportamientos críticos. Solo aquellos participantes que alcanzan un nivel mínimo de consistencia en la evaluación de calibración son certificados para capturar observaciones.

Una vez se recopilaron suficientes datos para determinar la línea de base de adherencia comportamental y con el plan de intervención implementado, se inicia la retroalimentación sistemática a cada uno de los equipos de trabajo de los taladros que participan en la prueba piloto. La experiencia previa con otros procesos demuestra que el proceso de retroalimentación es muy poderoso para viabilizar niveles más altos de adherencia, de manera consistente y sostenible y por lo tanto, reduce las pérdidas.

En caso de que un equipo muestre bajos niveles de adherencia, se realiza una intervención específica para discutir, analizar y corregir los factores que están llevando al equipo a comportarse de esa manera. Esta acción se toma de manera proactiva, antes de que ocurran incidentes.

A medida que aumentan los niveles de adherencia durante esta etapa, se reduce la frecuencia y la gravedad de los incidentes, lo que demuestra una correlación significativa entre la intervención y los niveles de pérdida.

En la Figura 5 se muestran los niveles cronológicos de adherencia comportamental. La línea azul muestra los niveles de adherencia medidos durante el periodo de línea base, mientras que la sección en color naranja muestra la evolución de los niveles de adherencia durante la etapa de intervención, durante la cual se provee retroalimentación periódica y sistemática a los equipos de trabajo.

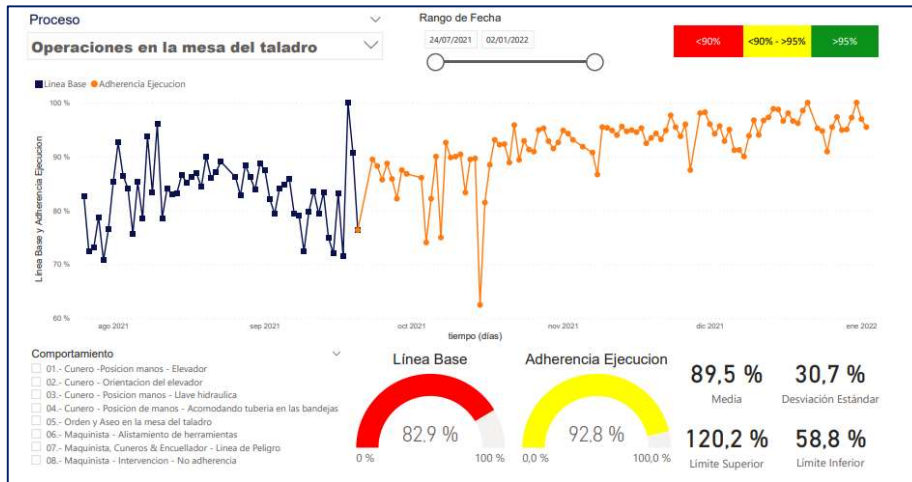


Figura 5. Adherencia comportamental línea base vs. Fase de intervención

Reportes de adherencia comportamental son generados semanalmente para cada taladro. El diseño es sencillo, de manera que la información es fácil de interpretar y facilitan la identificación de aquellos comportamientos donde el equipo está obteniendo los resultados deseados y en cuales comportamientos se deben enfocar los esfuerzos del equipo para conseguir mayores niveles de adherencia. La Figura 6 muestra un ejemplo de reporte semanal.



Figura 6. Ejemplo de reporte semanal de retroalimentación

La habilidad de monitorear los niveles de adherencia alcanzados semana a semana por cada uno de los taladros, permite identificar de forma proactiva aquellos comportamientos donde el personal del taladro no logra incrementar los niveles de adherencia a través de autogestión y sirve de herramienta para determinar la necesidad de una intervención por parte de la gerencia, antes de que se presente un incidente.

La Figura 7 muestra un ejemplo de los niveles de adherencia histórica de una de las torres. En aquellos casos donde se presentan niveles de adherencia inferiores a 90% por tres semanas consecutivas, se genera una intervención específica por parte de la gerencia para determinar los factores que impedían al equipo de trabajo mejorar en el comportamiento específico y definir el soporte requerido para viabilizar mejores niveles de adherencia.

Torre 15	Aug 07	Aug 14	Aug 21	Aug 28	Sep 4	Sep 11	Sep 18	Sep 25	Oct 2	Oct 09	Oct 16	Oct 23	Oct 30
Posición Manos Elevador	Green	Green	Green	Red	Green	Green	Green	Red	Green	Green	Green	Green	Green
Orientación Elevador	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
Posición Manos llave hidráulica	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
Posición manos -acomodando Tubería	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
Orden y Aseo en la mesa	Green	Yellow	Yellow	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
Alistamiento de Herramientas	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
Línea de Peligro	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
Intervención	Green	Green	Red	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
Asignación Roles	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
Línea de Peligro	Green	Green	Green	Green	Red	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
Amarre del bloque viajero	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
Grúa - Barandas piso maquinista	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
Aparejador - Barandas piso maquinista	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
Purga de cilindros/sist. Hid.	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
EPP para trabajos en altura	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
Nivelación unidad básica	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green

Figura 7. Ejemplo de mapa de calor

Finalmente, es necesario mencionar que desde el inicio del proyecto y hasta que concluyo la Etapa 3, no se presentaron incidentes relacionados con los dos procesos incluidos en el proyecto en ninguno de los taladros piloto, lo que permitió que la gerencia aprobara el escalamiento del proyecto (Fase 4).

3.4 El escalamiento

Una vez los niveles de adherencia se mantuvieron en promedio por encima del 90% y el impacto en la reducción de la severidad y frecuencia de los incidentes se demostró, el proyecto se amplió para cubrir todos los demás equipos.

En este proyecto el escalamiento se realizó por áreas geográficas. La tabla a continuación muestra las unidades operativas de las operaciones de work-over de Independence Drilling y las fechas en que cada uno de estos grupos fue incorporado al proyecto.

Los resultados en términos de incremento de adherencia comportamental, frecuencia y severidad de los incidentes y eficiencia operacional se presentan en la siguiente sección.

4 Resultados y discusión de resultados

4.1 Niveles de adherencia comportamental durante la etapa de escalamiento

Entre el 26 de julio del 2021, fecha en la cual se empezaron a documentar observaciones para determinar la línea base de adherencia comportamental y el 31 de diciembre del 2022, después de casi un año de iniciar el escalamiento del proyecto, se documentaron 27.867 observaciones comportamentales, de las cuales 26.997 observaciones están relacionadas con el proceso de “Manipulación de Tubulares en la Mesa del Taladro” y 870 observaciones están relacionadas con el proceso de “Izaje y Bajada de la Torre”.

La Figura 8 muestra los niveles de adherencia acumulados alcanzados por cada uno de los grupos de taladros durante la Etapa de Escalamiento. Para los taladros del proyecto piloto (grupo de referencia), se incluye también la progresión de los niveles de adherencia durante la etapa de intervención.

La Tabla 1 muestra el incremento en los niveles de adherencia alcanzado por cada uno de los grupos de taladros; la primera columna muestra el incremento en relación con el valor de línea base medido durante la etapa 2 del proyecto, mientras que la segunda columna muestra el incremento alcanzado durante la etapa de escalamiento.

	Incremento - Línea Base (puntos porcentuales)	Incremento - Etapa Escalamiento (puntos porcentuales)
Grupo de Referencia	11.1	1.7
Grupo 1	11.6	3.4
Grupo 2	9.6	-1.1
Grupo 3	1.7	19.6
Grupo 4	0.5	1

Tabla 1. Cambio en niveles de adherencia por grupo de taladros

Los taladros que participaron en el proyecto piloto incrementaron los niveles de adherencia en 11.1 puntos porcentuales, y una vez concluida la etapa de intervención continuaron aumentando los niveles de adherencia en 1.7 puntos porcentuales a diciembre del 2022.

Es necesario mencionar que los taladros del grupo de referencia hacen parte orgánica de una unidad orgánica de la empresa, por lo tanto el grupo de gerencia y los funcionarios en niveles medios de gerencia estuvieron expuestos al programa antes de iniciar el escalamiento en el Grupo 1. Esto parece explicar los altos niveles de adherencia medidos inicialmente en la etapa de escalamiento para este grupo. El Grupo 1 alcanzó un incremento de 11.6 puntos porcentuales en relación con la línea base y 3.4 puntos porcentuales durante la etapa de escalamiento.

Es también importante mencionar que los niveles de adherencia del grupo de referencia y el Grupo 1 se vieron afectados por cambios en las condiciones de entorno durante los meses de marzo y abril del 2022, ajenos al personal de los taladros y que impidieron la adherencia a algunos de los comportamientos.

Los taladros del Grupo 2 iniciaron la etapa de escalamiento con valores relativamente altos de adherencia comportamental y son el único grupo que muestra un deterioro (1.1 puntos porcentuales) durante la etapa de escalamiento. Este grupo alcanzó un incremento de 9.6 puntos porcentuales en relación con la línea base. Los valores de adherencia comportamental acumulados por este grupo superó en 0.5 puntos porcentuales los valores alcanzados por el grupo de referencia.

El Grupo 3 muestra un incremento dramático en los niveles de adherencia durante la etapa de escalamiento de 19.6 puntos porcentuales. Este grupo de taladros opera en regiones remotas en los Llanos Orientales de Colombia lo que impide una presencia frecuente por parte de la gerencia y donde se evidenciaron múltiples prácticas inadecuadas en la operación durante las visitas de campo. Este grupo de taladros alcanzó un incremento de 9.6 puntos porcentuales en comparación a los valores de la línea basal de adherencia comportamental.

El Grupo 4 fue el último grupo de taladros en incorporarse al proyecto. Estos taladros operan en un área con una gran influencia de los sindicatos del gremio petrolero, lo que dificulta la adopción de nuevas prácticas y cambios en la forma como se conducen las operaciones. Durante los cuatro meses que este grupo de taladros ha participado en la etapa de escalamiento, se alcanzó un incremento de 0.5 puntos porcentuales en relación con la línea base y 1 punto porcentual durante la etapa de escalamiento.

La Figura 8 muestra la evolución en los niveles de adherencia comportamental de cada grupo de taladros.

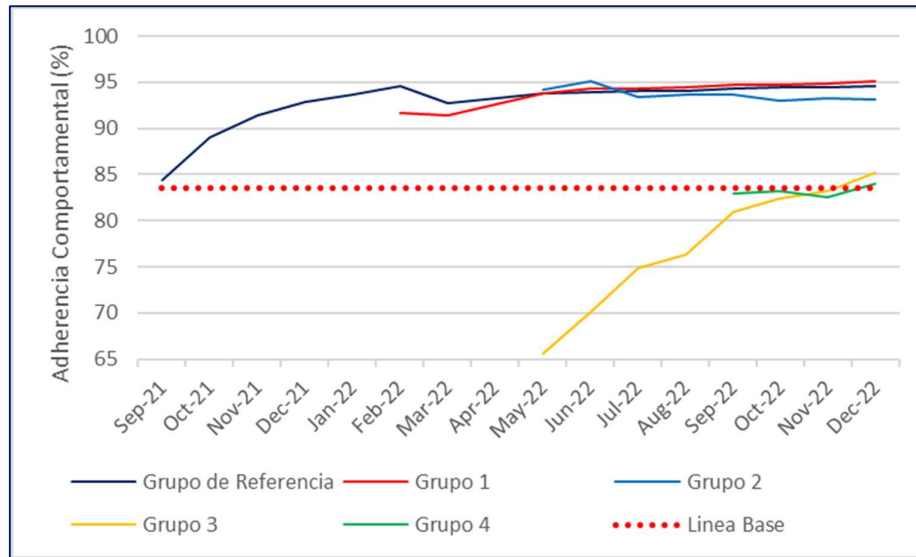


Figura 8. Progresión de los niveles de adherencia comportamental por grupo de taladros

4.2 Impacto del programa de liderazgo con propósito

Durante la ejecución del proyecto, 20 miembros de la alta y media gerencia, al igual que supervisores de operaciones han participado en el programa de Liderazgo con Propósito. Dos grupos han sido cubiertos por el programa, el primero estuvo enfocado en 12 miembros de la alta gerencia y el segundo en ocho supervisores de operaciones.

La Figura 9 muestra el resumen de los resultados, basados en las encuestas aplicadas antes y después de las sesiones de acompañamiento para el primer grupo de gerentes y la Figura 10 para el segundo grupo.

Para el primer grupo, los comportamientos relacionados con liderazgo transformacional aumentaron en 14%, mientras que se evidencio un incremento de 4% en los comportamientos relacionados con el liderazgo transaccional. Los comportamientos pasivos/evasivos se redujeron en 14%. Las desviaciones estándar de cada uno de los grupos de comportamientos de liderazgo se redujeron en todos los casos, indicando una mayor homogeneidad en los estilos de liderazgo del grupo. Los resultados obtenidos indican un incremento en la eficacia del liderazgo de 10% para este primer grupo de empleados.

Para el segundo grupo los resultados son similares en cuanto al impacto, pero debe resaltar la reducción en 42.9% en los comportamientos pasivos/evasivos para este grupo. Los comportamientos relacionados con liderazgo transformacional aumentaron en 6.8%, mientras que se evidencio un incremento de 3.1 en los comportamientos relacionados con el liderazgo transaccional. Los resultados obtenidos indican un incremento en la eficacia del liderazgo de 7.6% para este primer grupo de empleados. Al igual que en el primer grupo las desviaciones estándar de cada uno de los grupos de comportamientos de liderazgo se redujeron en todos los casos.

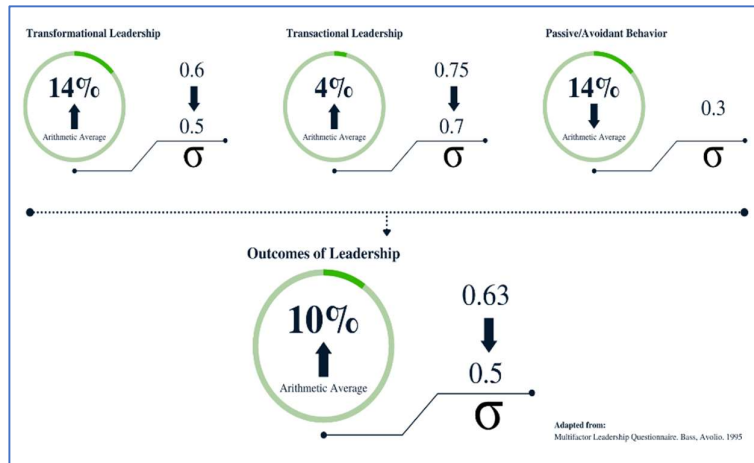


Figura 9. Resultados del programa de liderazgo con propósito para el primer grupo

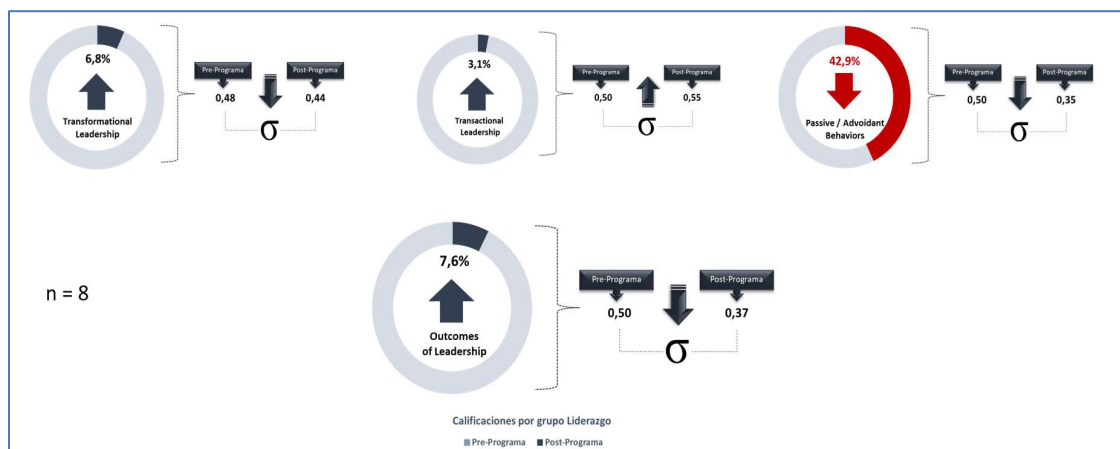


Figura 10. Resultados del programa de liderazgo con propósito para el segundo grupo

En términos de significancia estadística, se adoptó el modelo ‘medidas repetidas ANOVA’ (Field, 2018) on la siguiente hipótesis nula:

H₀ = La media antes del programa es igual a las medias obtenidas después del programa de coaching para cada grupo

Usando la correlación de Spearman, el Grupo 1 (n = 12) muestra una correlación rho = 76.49% y el Grupo 2 (n = 8) muestra una correlación rho = 90,5%. Esto significa que existe una fuerte correlación entre las mediciones antes y después (variable dependiente) y el programa de coaching (variable independiente), para ambos grupos.

Las Tablas 2 y 3 muestran los resultados del análisis para el primer y segundo grupos, respectivamente.

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	332,397	12	27,700	86,92506443	6,35176E-90	1,785
Dentro de los grupos	95,28	299	0,319			
Total	427,677	311				

Tabla 2. Análisis estadístico del programa de liderazgo con propósito para el primer grupo (Modelo de Medidas Repetidas – ANOVA)

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	332,397	12	27,700	86,92506443	6,35176E-90	1,785
Dentro de los grupos	95,28	299	0,319			
Total	427,677	311				

Tabla 3. Análisis estadístico del programa de liderazgo con propósito para el segundo grupo (Modelo de Medidas Repetidas – ANOVA)

Dado que en ambos casos el valor p es menor a 0.05, existe suficiente evidencia para afirmar que hay una diferencia estadísticamente significativa entre el promedio de los valores de liderazgo medidos antes y después del programa.

En otras palabras, es muy probable que la mejora medida en los niveles de liderazgo transformacional y transaccional y la reducción en los niveles de liderazgo pasivo / evasivo se expliquen por las sesiones de coaching a las cuales los líderes fueron expuestos.

4.3 Impacto en la frecuencia y severidad de los incidentes

En esta sección se presenta el impacto de la metodología de la Ingeniería del Desempeño Humano aplicada a los procesos seleccionados. Se presenta la progresión de los indicadores de frecuencia y severidad de incidentes mostrando los indicadores para los taladros de work-over al igual que los indicadores para los procesos cubiertos por el proyecto (Procesos IDH).

El IFAT (Índice de Frecuencia de Incidentes) ha sido calculado incluyendo los incidentes de primeros auxilios en adición a los incidentes incapacitantes, trabajo restringido y casos que requirieron atención médica, considerando que, bajo condiciones ligeramente diferentes, el incidente pudo conllevar consecuencias mayores.

El IFAT es calculado conforme a la siguiente fórmula:

$$IFAT = \text{Numero de incidentes} * \frac{200.000}{\text{Horas} - \text{Hombre}}$$

Durante el periodo de la prueba piloto en 2021, se evidenció una reducción del IFAT de 12% (vs 2020) para los procesos relacionados a “Manipulación de Tubulares en la Mesa del Taladro” e “Izaje y Bajada de la Torre” (Procesos – IDH). Durante este período únicamente 5 de los taladros participaban del proyecto. Durante la etapa de escalamiento en el año 2022, se evidencia una reducción del IFAT de 59% en comparación al año 2021 para los Procesos – IDH, significativamente mayor a la reducción del IFAT de 35% alcanzada por la totalidad de la operación de work-over (todos los procesos).

La figura 12, muestra la progresión del IFAT para ambos procesos, en comparación a la operación de work-over en su totalidad.

De forma similar el ISAT (Índice de Severidad de Incidentes) es calculado de la siguiente forma:

$$ISAT = \text{Días perdidos} * \frac{200000}{\text{Horas} - \text{Hombre}}$$

Es necesario mencionar que durante el año 2020, debido a la pandemia del COVID 19, se experimento una baja significativa de actividad, seguida por una fuerte reactivación durante el año 2021, que requirió contratar gran cantidad de nuevo personal y en muchos casos con poca o ninguna experiencia. De igual manera es importante mencionar que durante el 2021 no se presentaron incidentes relacionados con los dos procesos objetivo del proyecto IDH en los taladros piloto.

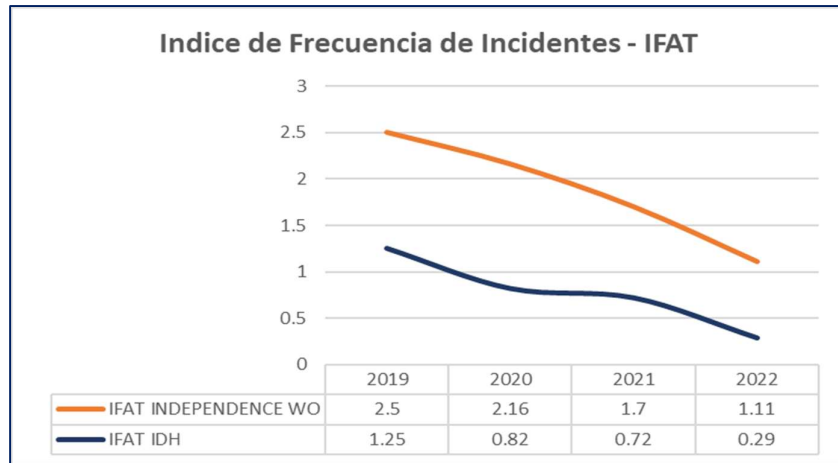


Figura 11. Progresión del Índice de Frecuencia de Incidentes – IFAT

El ISAT muestra una reducción de 57% durante el año 2022, en comparación al año inmediatamente anterior, periodo durante el cual se realizo el escalamiento del proyecto.

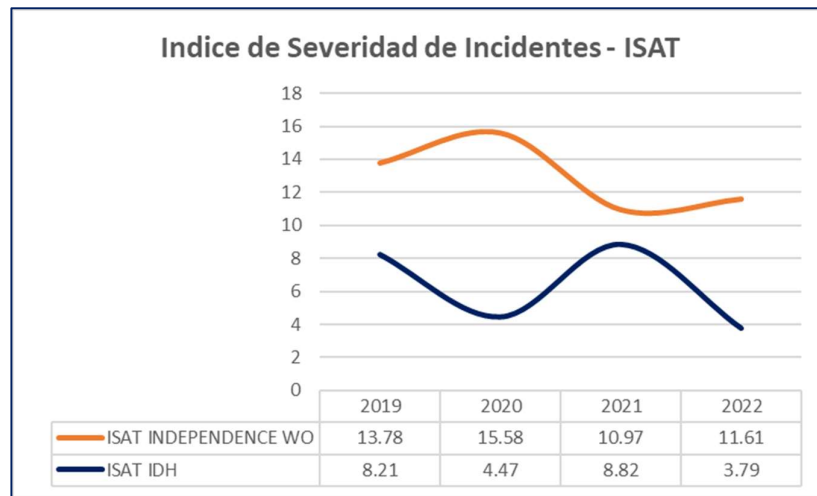


Figura 12. Progresión del Índice de Severidad de Incidentes – ISAT

Utilizando los índices de frecuencia y severidad de los incidentes se puede calcular un índice de riesgo adimensional, que ilustra el riesgo de la operación considerando tanto la frecuencia como la severidad.

$$\text{Índice de Riesgo} = IFAT * ISAT$$

La Figura 13 muestra el Índice de Riesgo para la operación de work-over (todos los taladros) y el Índice de Riesgo para los procesos IDH. El riesgo relacionado con los procesos IDH se ha reducido en un 70% durante la implementación de la metodología de la Ingeniería del Desempeño Humano.

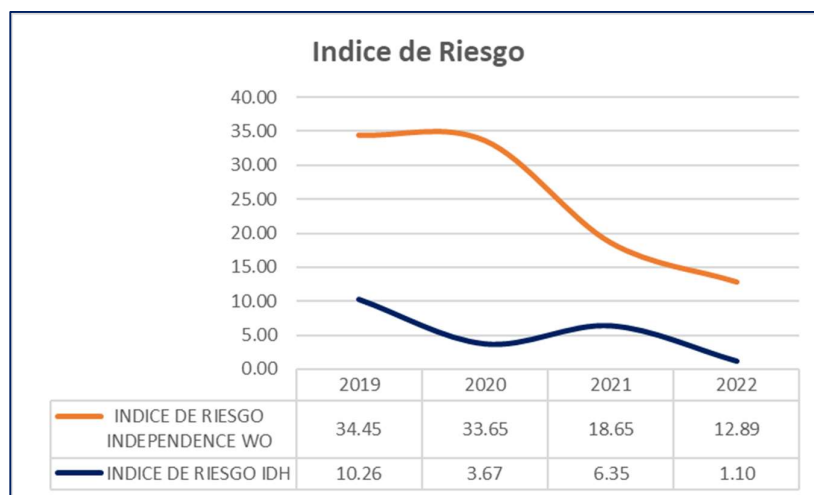


Figura 13. Progresión del Índice de Severidad de Incidentes – ISAT

5 Conclusiones

El programa de liderazgo con propósito ha demostrado mejora en la adopción de comportamientos asociados a liderazgo transformacional y transaccional en los dos grupos que han participado, con un total de 20 líderes impactados. Esta mejora está soportada por el modelo estadístico escogido (Medidas Repetidas – ANOVA) para ambos grupos.

El cambio en el perfil de liderazgo de este grupo de 20 líderes se ha visto reflejado en su alineamiento con la visión de la empresa y en el soporte a la implementación de la Ingeniería del Desempeño Humano.

La Ingeniería del Desempeño Humano ha tenido un impacto contundente en el control de dos procesos que en 2021 representaron un porcentaje significativo de los accidentes con lesión y de los eventos de calidad con pérdida de tiempo.

En lo que va corrido del proyecto, los niveles de adherencia comportamental han tenido mejoras estadísticamente significativas que indudablemente han impactado positivamente el manejo del riesgo operacional.

La empresa desarrolló un procedimiento interno para anclar IDH en su sistema de gestión y en 2023 asignó objetivos de mejora en los niveles de adherencia comportamental a los gerentes de operaciones y de HSE. Así mismo, se ha planeado abrir un centro de empoderamiento comportamental específico para la empresa. Estas acciones están encaminadas a garantizar la sostenibilidad del programa en el largo plazo.

En 2023 se está complementando la aplicación de IDH para actividades que involucran izamiento mecánico con cargadores, grúas y winches para las operaciones de perforación y se implementará el programa Permanentemente ACA, para generar mejoras en los niveles de competencia en conciencia situacional para los trabajadores de campo.

Bibliografía

- López, J.C., Al-Shibani, H., Lopez, M., Allison, D., Friedl, W., Bordage, P. (2021, noviembre 15). SPE 207918-MS – Using Behavior Science to Maximize Human Performance. Abu Dhabi International Exhibition & Conference, Abu Dhabi, Emiratos Arabes Unidos.
- López, J.C., Jeffries, J., Gonzalez, J., Capote, W., Martinez, L., Pazmino, K., Claros L., Miranda, G., Alavosius, M., Houmanfar, R. (2020, marzo 17). SPE-199396-MS - Applying Behavior Engineering to Procedural Adherence. SPE International Conference and Exhibition on Health, Safety, Environment, and Sustainability, Bogotá, Colombia.
- Field, Andy. 2018. *Discovering statistics using IBM SPSS Statistics*. SAGE Edge. London. UK. Textbook of the Advanced Statistics course, as part of the curriculum of the Master's on Organizational and Industrial Psychology. Harvard University.
- International Association of Oil and Gas Producers. 2020. *IOGP Report 501. Crew Resource Management for Well Operations Teams*.
- Manna, G. 2007. Human and Organizational Factors in Nuclear Installations: Analysis of available models and identification of R&D issues. European Commission, Institute for Energy.
- eTool : Oil and Gas Well Drilling and Servicing | Occupational Safety and Health Administration. (n.d.). eTool : Oil and Gas Well Drilling and Servicing | Occupational Safety and Health Administration. <https://www.osha.gov/etools/oil-and-gas> (Consultada en Febrero, 2021)
- Gilbert, T.F. 2007. *Human Competence: Engineering Worthy Performance*. Publication of the International Society for Performance Improvement. Pfeiffer.