

# Implementación de *Well Operations Crew Resources Management* (WOCRM) en YPF



Por **Percy Ryberg** (YPF), **Alejandro Covello** (IATA) y **Claudio Luis Salvetti** (Consultor en Sistemas de Gestión)

*Este trabajo fue seleccionado en el del 5° Congreso Latinoamericano y 7° Nacional de Seguridad, Salud Ocupacional y Ambiente en la Industria del Petróleo y del Gas del IAPG.*



## TEMARIO

Este trabajo explora la evolución del enfoque de seguridad operacional a través de la estrategia de los factores humanos y el *Crew Resource Management* (CRM). Se analiza su origen en la industria aeronáutica y su posterior adopción en la industria del gas y el petróleo, destacando la influencia de informes clave de la IOGP (International Association of Oil & Gas Producers). Además, se presenta la iniciativa de capacitación en WOCRM implementada por YPF, con el fin de mejorar la seguridad y la eficiencia en sus operaciones.

**D**urante la década de 1970, la industria aeronáutica incorporó la estrategia de seguridad operacional de los factores humanos junto con la capacitación, el entrenamiento y la procedimentación de las habilidades no técnicas (NTS *non-technical skill*), con el fin de disminuir los accidentes mayores y mejorar sus estándares de seguridad. Este conjunto de procedimientos se denominó CRM (por sus siglas en inglés *Crew Resource Management*).

En 1974, la NASA (Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio de Estados Unidos) realizó investigaciones sobre la frecuencia y el tipo de errores en simuladores, como así también sobre problemas en el área de la comunicación y otros conflictos vinculados con la fatiga en las operaciones. Hacia el final de la década, continuó con estudios sobre la gestión en el puesto de mando (*Resource Management on the Flightdeck*), cuyas conclusiones más importantes señalaban que los accidentes aéreos eran ocasionados principalmente por dificultades en la comunicación, procesos erróneos de toma de decisiones

y fallas en el liderazgo. El desarrollo de la estrategia de los factores humanos y el CRM en la industria aeronáutica hoy se encuentra en su sexta generación y, junto con otras estrategias de seguridad, le permitió alcanzar el estándar de industria ultrasegura. A partir de los resultados obtenidos en la aviación, otras industrias siguieron sus pasos. El primer trasvase ocurrió tanto en el transporte marítimo como en la industria de la salud a principios de la década de 1990, y continuó con el transporte ferroviario (1999).

La industria del gas y el petróleo también identificó la importancia de las habilidades no técnicas para la seguridad y la eficiencia en las industrias de alto riesgo. Por ello, la IOGP (*International Association of Oil Gas Producers*) reconoció que la industria de la exploración y la producción de petróleo y gas no le prestó especial atención a la capacitación en las habilidades cognitivas del factor humano sino hasta después de evaluar las catástrofes de los pozos Macondo y Montara (IOGP, 2014). Por esta razón, elaboró dos documentos con el objetivo de una mejora estructural en la seguridad operativa y la eficiencia de los equipos que realizan perforaciones, terminaciones e intervenciones en todo tipo de pozos: por un lado, el *Report N.º 501-Crew Resource Management for Well Operations Teams* (WOCRM), y por el otro, el *Report N.º 502-Guidelines for implementing Crew Resource Management for Well Operations Training* (2004). En línea con estas experiencias, y sobre la base de las recomendaciones de la IOGP, YPF comenzó un programa de capacitación y entrenamiento en WOCRM.

El objetivo de este trabajo es exponer sintéticamente el origen de la estrategia de los factores humanos y el CRM en la aviación; recorrer su implementación en la industria del gas y el petróleo a partir de los documentos 501 y 502 de la IOGP; y, finalmente, presentar la iniciativa WOCRM llevada a cabo en YPF.

## Introducción

La importancia de las habilidades no técnicas (NTS *non-technical skills*) ha sido reconocida inicialmente por las industrias de alto riesgo, particularmente la aviación. Durante la década de 1970, la industria aeronáutica incorporó la estrategia de seguridad operacional de los factores humanos (FFHH) junto con la capacitación, el entrenamiento y la procedimentación de las habilidades no técnicas a través del gerenciamiento de los recursos de la tripulación/equipo. Este procedimiento se denominó CRM por sus siglas en inglés (*Crew Resource Management*).

En 1974, la NASA (Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio de Estados Unidos) realizó investigaciones sobre la frecuencia y el tipo de errores en simuladores de vuelo, como así también sobre dificultades en el área de la comunicación y otros conflictos relacionados con la fatiga en las operaciones. Hacia el final de la década, continuó con estudios sobre la gestión en el puesto

de mando (*Resource Management on the Flightdeck*). Las conclusiones más importantes señalaban que los accidentes aéreos eran ocasionados principalmente por problemas en la comunicación, procesos erróneos de toma de decisiones y fallas en el liderazgo. El desarrollo de FFHH y CRM en la industria aeronáutica hoy se encuentra en su sexta generación y, junto con otras estrategias de seguridad, le permitió alcanzar el estándar de industria ultrasegura. A partir de los resultados obtenidos en la aviación, otras industrias siguieron sus pasos. El primer trasvase de este programa ocurrió tanto en el transporte marítimo como en la industria de la salud a principios de la década de 1990, y luego continuó en el transporte ferroviario (1999).

La industria del gas y el petróleo también identificó la importancia de las habilidades no técnicas para la seguridad y la eficiencia en las industrias de alto riesgo. Por ello, la IOGP (*International Association of Oil & Gas Producers*) reconoció que la industria de exploración y producción de petróleo y gas no le prestó la misma atención a la capacitación en habilidades cognitivas del factor humano sino hasta después de evaluar las catástrofes de los pozos Macondo y Montara (IOGP, 2014). Si bien esta industria había desarrollado oportunamente algunos programas relacionados con la seguridad basada en el comportamiento (*BBS Behavior Based Safety*), no abordó de manera sistemática el problema de las competencias no técnicas. Por ello, y con el objetivo de una mejora estructural en la seguridad y la eficiencia de los equipos que realizan perforaciones, terminaciones e intervenciones en todo tipo de pozos, la IOGP elaboró dos documentos: el *Report 501-Crew Resource Management for Well Operations teams* (WOCRMR) y el *Report 502-Guidelines for implementing Crew Resource Management for Well Operations*.

En línea con las experiencias en otras industrias, y tomando como base las recomendaciones de la IOGP, YPF comenzó un programa de capacitación y entrenamiento cuyo propósito es introducir a la organización en los lineamientos del WOCRMR como parte del proceso de implementación del CRM en la industria del petróleo y gas.

## Desarrollo

### Factores humanos y CRM en la industria aeronáutica. El origen del CRM

Antes de adentrarse en el WOCRMR y su implementación en la industria del gas y el petróleo es necesario un recorrido histórico y descriptivo del nacimiento de los FFHH y el entrenamiento en CRM en la industria aeronáutica.

La aviación incorporó los FFHH a la estrategia de la seguridad operacional, con el fin de ampliar la explicación de los accidentes y eventos no deseados más allá del comportamiento de los operadores. Esta mirada sostiene que las tecnologías y los sistemas en las aeronaves influyen en el comportamiento del operador de primera línea. Por ello, tecnologías y sistemas se diseñan no solo

para resistir o tolerar las acciones no deseadas de los individuos, sino también para que el diseño no induzca a errores. De esta manera, las tecnologías y los diseños se ajustan a las fortalezas y las limitaciones del desempeño humano.

Dicho de otro modo, la estrategia de los FFHH parte de un diseño centrado en el ser humano, teniendo en cuenta su desempeño y sus limitaciones. Su enfoque ayuda a garantizar que sistemas, equipos, procedimientos, servicios o reglamentaciones sean tanto útiles como utilizables. Asimismo, apoya el desempeño en el lugar de trabajo para que se puedan lograr los objetivos operativos previstos. También se ocupa de que se aplique todo aquello que se sabe sobre los seres humanos (es decir, sus habilidades, características y limitaciones) en el diseño de los equipos (sistemas) que estos utilizan, los entornos en los que funcionan y los trabajos que llevan adelante.

Es importante destacar que la estrategia de los FFHH guarda una diferencia sustancial con la del comportamiento, ya que la primera no pone el foco en las personas, sino en la construcción de sistemas que tengan en cuenta los factores humanos que imponen restricciones a la hora del diseño. Se trata de factores, como la aceptación del error en tanto parte del desempeño, las limitaciones de atención, la complejidad de la comunicación, la fatiga y el estrés, entre otros, que son tenidos en cuenta no solo para el diseño, sino también para explicar el desempeño humano en el contexto. Esto no quiere decir que el comportamiento humano quede fuera del alcance de los FFHH ni mucho menos, sino que lo que cae dentro de su alcance es el comportamiento humano en el contexto del sistema.

Como se dijo anteriormente, el comportamiento humano no queda fuera de la órbita de los FFHH. Por ello, luego de la incorporación del concepto de limitaciones humanas en los rendimientos operacionales, y con el fin de mejorar el desempeño de las tripulaciones, se diseñó un tipo de entrenamiento llamado CRM para gerenciar los recursos y reducir los errores inherentes al desempeño en las operaciones de vuelo, lo cual permitió incrementar la efectividad de las tripulaciones. Conceptualmente, el CRM apunta a optimizar la utilización de los recursos para la prevención de accidentes.

Una de las condiciones de posibilidad para la aparición del CRM fueron las consecuencias de grandes catástrofes aéreas. Al ser investigadas, estas produjeron nuevos puntos de vista, modelos y explicaciones, que operaron a su vez como aperturas cognitivas para que especialistas e investigadores en seguridad operacional y gestión de riesgos hallaran estrategias de prevención y mitigación más efectivas. Este fue precisamente el origen del CRM; podemos citar como uno de los antecedentes más importantes la investigación sobre la catástrofe ocurrida en Tenerife el 27 de marzo de 1977, donde dos aeronaves Boeing 747 colisionaron en la pista dejando un saldo de 583 fallecidos. Ambas aeronaves estaban ciento por ciento operativas, la tecnología se encontraba disponible y las tripulaciones eran altamente calificadas, ya que poseían los estándares y las competencias técnicas

requeridas a nivel internacional. Sin embargo, el gerenciamiento de la comunicación, la presión industrial, el estrés y el estilo de liderazgo fueron los factores desencadenantes. En otras palabras, estos elementos fueron habilidades no técnicas que estaban ausentes en las currículas de capacitación y evaluación de desempeño de los equipos. La tripulación involucrada en el accidente no contaba con herramientas de gestión de equipos de trabajo, liderazgo, toma de decisiones y coordinación de cabina. La industria aeronáutica dio cuenta de la carencia en este tipo de estrategias de entrenamiento, como así también de las ventajas y fortalezas que podían aportar a la seguridad.

A partir de la catástrofe de Tenerife, que, por otra parte, sigue siendo una de las de mayores consecuencias fatales en la historia de la aviación, y también como resultado de otros accidentes fatales de gravedad, se comenzaron a desarrollar planes que contemplaban la captura de deficiencias en el desempeño operacional de las tripulaciones y programas de instrucción y entrenamiento al respecto. A raíz de todo ello, se comenzó con una metodología basada en clases teóricas y llamada CRM.

Muchos autores consideran que el punto de inflexión para el surgimiento del CRM tal y como se lo conoce actualmente se ubica en 1986, con la intervención colaborativa de la NASA. A partir de ese momento, la metodología amplió su campo de competencia. Este proceso dio como resultado el paso de un enfoque basado únicamente en los comandantes (*leadership*) hacia otro que incluía a los primeros oficiales e ingenieros de vuelo (*cockpit*). Más tarde, la C de *cockpit* le cedería su lugar al término *crew*, efectivizando la incorporación de los tripulantes de cabina de pasajeros. A esta altura del desarrollo histórico del CRM, la capacitación ya se encontraba normatizada y había comenzado a impartirse en seminarios estructurados. Asimismo, se incorporó el empleo de la técnica de análisis de casos de estudio específicos en las instrucciones.

En la década de 1990, los programas de CRM comenzaron a incluir la estandarización de procedimientos operacionales y el entrenamiento en el uso normalizado de las listas de control, entre otras estrategias de apoyo. Más tarde, la estandarización de procedimientos técnicos comenzaría a incluir también a aquellos no técnicos (NOTECH por sus siglas en inglés *non-technical*). Con esto, se construyó una caja de herramientas para los operadores de primera línea, que se apoyaba sobre la base de todo el recorrido de capacitación y entrenamiento en CRM.

El éxito del CRM en la mejora del desempeño y en la reducción de accidentes hizo que rápidamente fuera incorporado en otras industrias, como el transporte marítimo o el sector de la salud a principios de la década de 1990, a las que les siguió el transporte ferroviario hacia 1999. Por su parte, la industria del gas y el petróleo también identificó la importancia de incorporar la formación en habilidades no técnicas luego de evaluar los accidentes en los pozos de Macondo y Montara. Como consecuencia, se elaboraron recomendaciones específicas para la implementación del CRM, tomando como referencia los desarrollos previos de la industria aeronáutica.

## CRM en la industria del petróleo y el gas

### Antecedentes

La importancia de las competencias no técnicas para la seguridad y la eficacia de las operaciones está reconocida desde hace tiempo en sectores de alto riesgo, como la aviación, la minería, el transporte ferroviario y la sanidad. Si bien la industria del petróleo y el gas ha implementado y sostenido programas relacionados con la seguridad y el comportamiento (entre los que se pueden citar el programa STOP, los programas de Seguridad Basada en el Comportamiento [BBS], las auditorías de comportamiento, el entrenamiento en liderazgo en seguridad y programas de disciplina operativa, entre otros), todavía en el sector de exploración y producción de petróleo y gas no se ha prestado suficiente atención a la formación en capacidades cognitivas y humanas, como la conciencia situacional y la toma de decisiones.

La aplicación de una formación integral en CRM en la industria del petróleo y el gas ha sido muy limitada, con la sola excepción de unos pocos avances posteriores al accidente de Piper Alpha, algunos de los cuales se centraron en la respuesta a emergencias (Flin, 1995; Flin *et al.*, 2002; O'Connor & Flin, 2003). Estas afirmaciones también fueron confirmadas por el Energy Institute en su documento *Guidance on crew resource management (CRM) and non-technical skills training programmes*, publicado en 2014.

A nivel internacional, se llevaron a cabo entrenamientos en FFHH y CRM a comienzos de los años noventa. Estos se vincularon a las operaciones *offshore* de SHELL en el Mar del Norte y contaron con la participación del Departamento de Psicología Industrial de la Universidad de Aberdeen. Incluían entre sus principales temas la toma de decisiones, comunicación, asertividad y el estrés. La metodología utilizada se basó en la exposición y el análisis de material, ejercicios y debates. Posteriormente, SHELL le dio participación a personal especializado en CRM de British Airways para el desarrollo del programa (Flin, 1997).

Hubo complementariamente otros estudios piloto de adaptación de CRM a la industria del petróleo y el gas, en los que también participó la universidad de Aberdeen y empresas, como AGIP, Halliburton y Transocean, entre otras (O'Connor & Flin, 2003). En la Argentina, se han propuesto distintas iniciativas para avanzar en temas sobre FFHH y seguridad en esta misma dirección (Congreso de Seguridad del Instituto Argentino del Petróleo y el Gas [IAPG], 2004).

Fue a partir de los accidentes ocurridos en Montara (Western Australia) en 2009 y Macondo (Deepwater Horizon-GOM) en 2010 cuando se produjo un punto de inflexión y se puso de manifiesto la relevancia de las habilidades no técnicas en la seguridad operacional. Se realizaron distintas investigaciones de estos accidentes, y como resultado se propusieron diferentes acciones de mejora, entre ellas, la necesidad de que la industria introduzca el CRM o una formación similar para el personal de operación en pozos y servicios de apoyo (Norwe-



Figura 1. Plataforma Deepwater Horizon.

Fuente: *Petrotecnia*, 2010.

gian Oil Industry Association [OLF], 2012).

A continuación se presenta una breve descripción de estos accidentes y sus consecuencias, así como un análisis de sus causas y conclusiones.

### Estudio de caso: Macondo, Golfo de México

En abril de 2010 se perforaba el pozo Macondo a unos 80 km al sur de la costa de Luisiana. El área era operada por British Petroleum (BP) y la plataforma utilizada, Deepwater Horizon, era del tipo semisumergible, lo que permitía la perforación en aguas profundas. Pertenecía a la empresa Transocean (con un valor aproximado de USD 350.000.000) y se trataba de uno de los diseños más avanzados en el mundo. Asimismo, era operada por personal experimentado y de muy buenos antecedentes, tanto operativos como de seguridad (Figura 1).

El 20 de abril, durante las actividades de abandono temporal del pozo, se produjo un descontrol (*blowout*) seguido de incendio y explosión. El evento dejó un saldo de 11 fatalidades en un equipo que estaba compuesto por un total de 126 personas; además, se derramaron 5 millones de barriles que, finalmente, culminó con el naufragio de la plataforma (Figura 2).

El pozo Macondo tenía una profundidad final programada de 19.600 pies (5976 m) y atravesaba dos formaciones de interés, pero debió ser cortado a los 18.360 pies (5598 m) a raíz de una pérdida de circulación que se presentó al atravesar la primera de las formaciones productivas. Si bien la fuga de lodo puede constituir una buena señal desde el punto de vista de la producción de

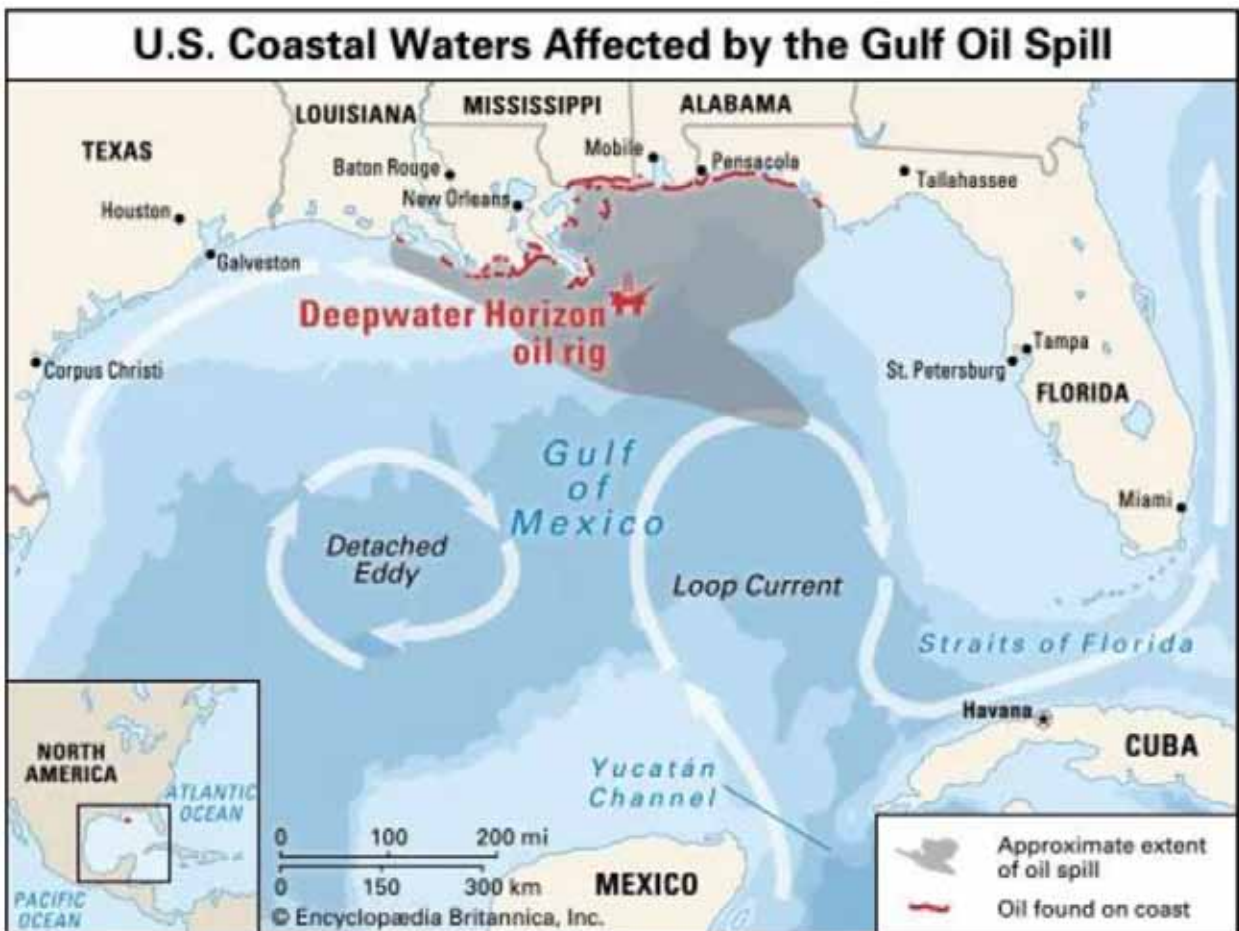


Figura 2. Costas americanas afectadas por el derrame.

Fuente: *Encyclopædia Britannica*.



Figura 3. Momentos posteriores a la catástrofe.

Fuente: Reuters.

petróleo de la capa, a su vez, es una advertencia que indica que la cementación no se encuentra particularmente firme. La profundidad del agua hasta el lecho marino era de 5067 pies (1662 m).

Al momento del descontrol, el pozo Macondo tenía un retraso de 43 días respecto del programa (el valor aproximado de la pérdida solo en tarifa diaria de la plataforma era de 21,5 millones de dólares). En este contexto, el operador tomó sus decisiones los días y las horas anteriores al descontrol. Se optó por atajos tendientes a apurar la finalización del pozo, se redujeron los costos y se ahorró tiempo a costa, en algunos casos, de incumplir estándares de la industria y a pesar de las advertencias del personal de la propia operadora (BP) y de los contratistas acerca del peligro de un posible accidente catastrófico (Figura 3).

A las 20:00 horas, después de algunos controles en la boca del pozo, el operador ordenó avanzar con el programa trazado, que consistía en terminar de desplazar el lodo con agua de mar y efectuar un tapón de cemento para el abandono temporario del pozo hasta que otro equipo se hiciera cargo de su puesta en producción.

La operación de cementación, efectuada anteriormente como barrera destinada a mantener los hidrocarburos por debajo del lecho marino, no había sido eficaz. El personal de BP y Transocean a cargo de la operación malinterpretó la prueba para evaluar la integridad de la barrera de cemento, lo que llevó a creer erróneamente que la zona que contenía hidrocarburos en el fondo del pozo había quedado sellada.

Cuando la tripulación retiró el lodo de perforación del pozo para preparar la instalación de una barrera de cemento adicional, el preventor de surgencias (BOP) quedó como la única barrera física que podría haber impedido que los hidrocarburos llegaran a la plataforma y al entorno circundante, pero esto dependía principalmente de la detección humana de surgencias y de la oportuna activación y cierre de la BOP. Sin embargo, la eliminación del lodo de perforación después de la prue-

ba permitió que los hidrocarburos fluyeran más allá de la barrera de cemento fallida hacia la plataforma, situación que duró prácticamente una hora sin detección por los operadores ni activación de los controles automáticos para cerrar la BOP.

A las 21:45, el personal pudo observar el desplazamiento espontáneo del lodo remanente y del agua salada (indicadores de que el pozo se estaba “viniendo”). Ante esta circunstancia, se deberían haber cerrado automáticamente las BOP y desconectado el *riser*, pero esto no se hizo (Gabino Velazco, *Petrotecnia IAPG*, 2010). Durante la emergencia, el personal del equipo intentó cerrar las BOP desde la plataforma por medio del sistema redundante, sin conseguir resultados. Tampoco lograron accionar los botones de actuación automática para emergencias graves. El sistema de conexión entre el *riser* y las BOP no pudo desconectarse por medio del sistema directo.

Como resultado, se perdió el control del pozo, lo que provocó un escape de petróleo y gas. Esta fuga encontró una fuente de ignición en la plataforma e inmediatamente se desencadenó una explosión e incendio con las consecuencias mencionadas. La explosión probablemente activó un sistema automático de respuesta de emergencia diseñado para cizallar la tubería de perforación que atravesaba la BOP y sellar el pozo, pero no lo consiguió. El informe de investigación de la operadora BP concluyó lo siguiente:

- La lechada de cemento que se utilizó para construir la barrera aislante en el zapato de la cañería, en el fondo del pozo, falló en su misión de contener los hidrocarburos dentro del reservorio.
- La prueba de presión que arrojó un resultado negativo fue incorrectamente aceptada por BP y Transocean, a pesar de que no se estableció la integridad del pozo.
- La reacción de la cuadrilla de la plataforma Deepwater Horizon fue tardía (demoró cuarenta minutos en detectar y actuar ante la entrada de hidrocarburos al pozo).

- Cuando los hidrocarburos alcanzaron la plataforma fueron derivados al separador de gas, donde se encontraba todo el circuito de lodo sobre el equipo, en lugar de ser desviados directamente fuera de borda.
- El gas soplaba directamente sobre la sala de motores a través del sistema de ventilación, y creaba así un peligro de ignición que el sistema contra incendios de la plataforma no tenía previsto.
- Después de que la explosión y el fuego inutilizaran los controles de la BOP de la plataforma que eran operados por la cuadrilla, los *pods* que se encontraban en el lecho marino deberían haber cerrado el pozo automáticamente, pero no lo hicieron, ya que quizás sus componentes no funcionaban.

En el informe de investigación del accidente realizado por el CSB (U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board, 2010) se destacan cinco decisiones cruciales adoptadas por el operador:

1. Se decidió usar un diseño de entubación que presentara pocas barreras a la migración del gas.
2. Se optó por usar un número insuficiente de centralizadores, cuya función es evitar la canalización del cemento.
3. Se resolvió no efectuar el registro de adherencia del cemento (CBL).
4. No se normalizó el lodo del pozo de manera adecuada antes de bombear la lechada de cemento, dado que solamente se circuló treinta minutos, pese a que, para un pozo de 5600 m de profundidad, se necesitan de seis a doce horas de circulación para homogeneizar y desgasificar convenientemente el lodo.
5. No se fijó la camisa de bloqueo que asegura la empa-

quetadura del colgador de la cañería de producción en la cabeza de pozo.

El 29 de octubre de 2010, el Laboratorio de Ensayos de Chevron informó que las pruebas realizadas con la lechada de cemento alveolar (o *foam cement*) “fueron inestables” (Velazco, 2010). En las conclusiones de este informe se identificaron 57 hallazgos clave relacionados con la ocurrencia del accidente:

- Factores técnicos (12%).
- Factores humanos y organizacionales (53%).
- Factores regulatorios (35%).

Del análisis expuesto se puede concluir que:

- La competencia técnica es solo un aspecto de la capacidad de desempeño de una persona. Otras habilidades no técnicas son necesarias para preparar a los individuos en la gestión de la variabilidad inherente a un sistema complejo (plataforma *offshore*).
- Las competencias no técnicas aumentan la fiabilidad del desempeño en entornos de trabajo de alta exigencia y elevado riesgo, en los que las personas necesitan innovación y adaptación para operar con éxito en sistemas que pueden fallar (imperfectos).

#### Estudio de caso: Montara-Australia

En el mar de Timor operaba la plataforma West Atlas Jack-Up Mobile Offshore Drilling Unit Facility, que pertenecía a la empresa PTT Public Company Limited, una organización estatal tailandesa de petróleo y gas.

El viernes 21 de agosto de 2009, durante la actividad que llevaba a cabo la plataforma de perforación operada



Figura 4. **Perspectiva del derrame.**  
Fuente: *New York Times*.



Figura 5. Ubicación de Montara.

Fuente: Offshore Energy.

Eventos críticos	Errores humanos						
	Políticas/ Procedimientos	Training	Toma de decisiones	Organización/ Gerencia	Percepción aceptación del riesgo	Comunicación	Activos/ Latentes
Se utilizó agua de mar para el zapato del casing	◇	◇	◇		◇		Latentes
Se calculó mal el vertido de cemento en el zapato		◇	◇				Latentes
Los supervisores pasaron por alto el mal cálculo	◇			◇		◇	Latentes
El cemento usado no estaba testeado	◇			◇		◇	Latentes
Se utilizaron PCCC (Pressure Containing anti-Corrosion Caps) en lugar de tapones de cemento	◇		‡	‡	◇		Latentes
La aprobación de los PCCC fue realizada en 30 min.	◇		◇	◇	◇		Latentes
No se probaron los PCCC		◇					Latentes
Se instaló uno de los dos PCCC requeridos	◇		‡	‡	◇		Latentes
El personal no había recibido formación para instalar los PCCC	◇		‡	‡	◇		Latentes
No se reinstaló el PCCC tras limpiar las roscas del revestimiento	◇	◇	◇		◇		Activos
No se instaló el PCCC tras la patada inicial (kick)	◇		◇	◇	◇		Activos
No se utilizó la BOP	‡			‡			Latentes

Referencias: ◇: denota que la clasificación del error puede hacerse con un alto grado de certeza basándose en las evidencias. ‡: denota que la clasificación del error se realiza con un menor grado de certeza, debido a la menor evidencia de apoyo.

Tabla 1. Relevamiento de eventos críticos y errores humanos.

Fuente: Human Error Analysis of the Montara Well Blowout, 2010.



por Atlas Drilling, se observó una fuga de hidrocarburos desde el pozo H1-ST1, que se intensificó rápidamente y produjo un *blowout* sin lesiones personales, pero con pérdida total de la plataforma y un derrame de aproximadamente 250 millones de barriles (figuras 4 y 5).

Uno de los informes del accidente se focaliza en el análisis del error humano (Smith *et al.*, 2020). Sus conclusiones se sintetizan en la tabla 1.

En este informe se clasificaron los errores en *activos* (aquellos que pueden verse casi de inmediato y suelen estar asociados al desempeño de los operadores de primera línea) y *latentes* (aquellos que se caracterizan por el hecho de que sus efectos pueden no aparecer durante mucho tiempo, hasta que se combinan con otros factores para causar un incidente; suelen generarlos quienes están alejados de los riesgos directos de las operaciones de primera línea, como los responsables de la toma de decisiones de alto nivel, los diseñadores directivos o personal de mantenimiento).

En síntesis, el informe concluye lo siguiente:

- El 80% de los errores que condujeron a la catástrofe de Montara fueron errores latentes atribuibles a la organización en su conjunto, y no a una persona concreta.
- Diecinueve de los errores clasificados como de naturaleza organizativa o de gestión derivaron de un liderazgo deficiente, lo que indica una cultura de seguridad poco adecuada dentro de la propia organización.
- Los errores latentes representan la mayor amenaza para la seguridad en un sistema complejo como una plataforma de perforación, esto incluye defectos del sistema creados por un diseño inadecuado, una instalación incorrecta, un mantenimiento inadecuado, formación insuficiente, falta de recursos y malas decisiones de gestión.

Como medida para prevenir la ocurrencia de estos graves accidentes, la IOGP decidió avanzar en un proyecto de adaptación de CRM a las operaciones en pozos, para lo cual tomó como referencia el modelo desarrollado por la industria aeronáutica.

### Proyecto IOGP: *Well Operations Crew Resource Management*

A partir de la consideración de que puede lograrse un cambio radical mediante la aplicación y el desarrollo de eficaces competencias no técnicas para la mejora de la seguridad operativa y la eficacia de los equipos de operaciones de pozos (es decir, actividades de perforación, terminación, reparaciones, intervenciones y servicios al pozo), la IOGP inició una investigación en el tema (el Report N° 501: *Crew Resource Management for Well Operations teams* [WOCRM]). El proyecto contó con la participación del Centro de Investigación de Psicología Industrial de la Universidad de Aberdeen y fue dirigido conjuntamente por el Comité de Expertos en Pozos (WEC) y el Subcomité de Factores Humanos del Comité de Seguridad.

En el marco del proyecto, se adoptó como definición de habilidades no técnicas el mismo criterio seguido por la industria de la aviación, es decir, el conjunto de “las aptitudes cognitivas, sociales y de recursos personales que complementan las aptitudes técnicas y contribuyen a un desempeño seguro y eficiente de las tareas” (Flin *et al.*, 2008). El objetivo del trabajo fue elaborar recomendaciones para un programa de formación en CRM adaptado a las necesidades de los equipos de operaciones en pozos.

Lo que distingue al entrenamiento en CRM de otros tipos de formación en habilidades no técnicas es que, por un lado, abarca todas estas competencias en un solo curso, y por el otro, que el material didáctico está basado en pruebas. Otras características de la formación en CRM para destacar son las siguientes:

- a) Se basa en un análisis continuo a partir de fuentes de datos de la empresa o del sector (por ejemplo, sistemas de notificación o datos de accidentes), así como también de los recursos sociales, cognitivos y personales (no técnicos) necesarios para un funcionamiento seguro y eficaz.
- b) Se centra en cada trabajador en un entorno de equipo; parte de la base de que los trabajadores necesitan “competencias de equipo portátiles” para cualquier equipo o cuadrilla en la que se encuentren en un turno determinado.
- c) No se centra en la personalidad, sino en el comportamiento.
- d) Aborda el comportamiento en las operaciones rutinarias con el objetivo de evitar incidentes críticos, así como las habilidades para hacer frente a situaciones anormales o de emergencia.
- e) Se basa en la investigación científica actual sobre el desempeño humano en el entorno laboral.

Con el fin de analizar las categorías básicas de competencias CRM que tiene que poseer el personal de operaciones de pozos, se identificaron 17 funciones clave de los ingenieros y técnicos que desempeñan funciones operativas en operaciones de perforación, terminación, intervención y servicios al pozo que requieren certificación en control de pozos (*well control*). Asimismo, se revisó la bibliografía sobre FFHH y se entrevistó a 33 trabajadores de pozos (una muestra), a quienes se les preguntó sobre las competencias no técnicas necesarias en condiciones de trabajo rutinarias y no rutinarias. Los datos obtenidos de estas fuentes se utilizaron para elaborar los lineamientos de un programa básico de formación en CRM de operaciones en pozos (WOCRM).

El proyecto se centró en los ingenieros y los técnicos que deben obtener la certificación en control de pozos.

- Supervisores
  - Company Man
  - Jefe de equipo
  - Encargado de turno
  - Superintendente
  - Gerente de perforación
  - Supervisor de servicios al pozo (bombeo, *coiled tubing*, *wireline*, otros)

- Operadores
  - Perforador-maquinista
  - Enganchador
  - Boca de pozo
- Operador de lodo
- Operador de servicios

Como resultado de esta indagación, el WOCRM se apoyó en seis categorías básicas de competencias no técnicas: conciencia situacional, toma de decisiones, comunicación, trabajo en equipo, liderazgo y conciencia de los efectos del estrés y la fatiga. A partir de esta lista, se elaboró un reporte con una guía para su implementación (IOGP Report N° 502-*Guidelines for implementing Crew Resource Management for Well Operations training*, 2014).

### Entrenamiento en Well Operations CRM

Como señala Flin (2003), no existe un curso de CRM estándar. Este debería adaptarse a las necesidades de cada industria en general y de una organización en particular. En la práctica, cuando no ha habido formación previa en CRM es necesario comenzar por un curso básico o introductorio, que señale la importancia de las competencias no técnicas para reducir los errores y mejorar de manera específica la seguridad en las tareas, como también que explique en qué consiste el conjunto de competencias y cómo pueden influir en los comportamientos de los individuos, en las condiciones del lugar de trabajo y la cultura organizacional (IOGP, 2014).

Los conceptos de CRM deberían incorporarse a los cursos de formación técnica (como el *well control*, entre otros) y tendrían que ser recurrentes. Dicha integración ayudaría a desarrollar y mantener la toma de conciencia, el conocimiento y la aplicación de las habilidades no técnicas en las actividades operativas. Teniendo esto en cuenta, el proceso de entrenamiento WOCRM debería comprender las etapas expuestas en la figura 6.

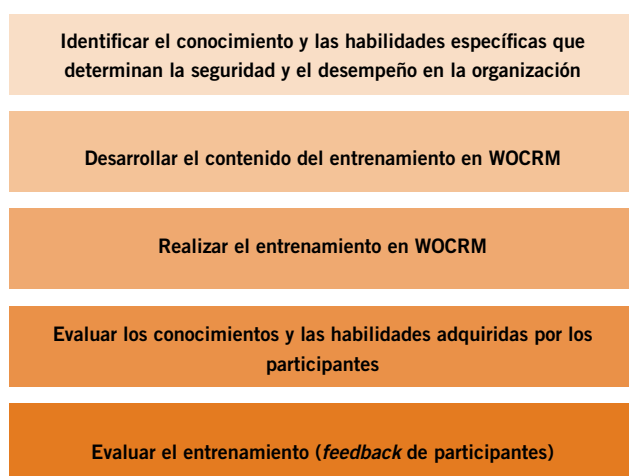


Figura 6. **Etapas del WOCRM.**  
Fuente: Energy Institute Report 2014.

### Objetivo del entrenamiento

La formación WOCRM tiene como propósito brindar los conocimientos y las habilidades no técnicas, así como promover la motivación de los participantes para que:

- identifiquen situaciones en las que disminuyen las capacidades cognitivas e interpersonales en sí mismos y en los demás;
- adquieran habilidades para reconocer cuándo su propio comportamiento o sus acciones pueden estar interfiriendo en la seguridad y la eficacia del equipo de trabajo;
- desarrollen las aptitudes cognitivas e interpersonales necesarias para actuar y aceptar las intervenciones de otros integrantes del equipo, de manera oportuna y eficaz, para evitar incidentes.

### Beneficios de WOCRM

La adquisición de competencias en CRM contribuye a:

- reducir el riesgo de error humano en las operaciones críticas para la seguridad;
- reducir la posibilidad de que se tomen decisiones equivocadas que puedan influir en la seguridad;
- integrar estas habilidades no técnicas en la cultura de la organización para prevenir la ocurrencia de incidentes y mejorar el desempeño operativo;

Categoría	Elementos
Conciencia situacional	Recopilar información Comprender el estado de la información y los riesgos Anticipar la situación/evolución futura
Toma de decisiones	Identificar y evaluar las opciones Seleccionar una opción y comunicarla Aplicar y revisar las decisiones
Comunicación	Informar y retroalimentar Escuchar Formular preguntas Ser asertivo
Trabajo en equipo	Comprender su propio papel en el equipo Coordinar las tareas con los miembros del equipo/otro turno Considerar y ayudar a los demás Resolver conflictos
Liderazgo	Planificar y dirigir Mantener las normas Apoyar a los miembros del equipo
Toma de conciencia de factores	Identificar los signos de estrés y fatiga que influyen en el desempeño Afrontar los efectos del estrés y la fatiga (por ejemplo, estrés y fatiga)

Tabla 2. **Elementos clave de las competencias no técnicas.**  
Fuente: Report 501 IOGP.

- mejorar el entorno de los equipos de trabajo y de todas las personas relacionadas con las operaciones;
- desarrollar las capacidades necesarias para hacer frente a incidentes en situaciones bajo presión.

#### Alcance del entrenamiento WOCRM

La formación debería estar dirigida al personal de operaciones de pozos de empresas productoras de petróleo y gas, así como al personal de contratistas de perforación y empresas de intervención y mantenimiento de pozos. Además, el entrenamiento debe abarcar tanto al personal que trabaja en el pozo como a los niveles de supervisión de mayor jerarquía (gerencias, jefaturas).

#### Categorías clave de habilidades NTS o esferas CRM

Para el entrenamiento del personal de pozos, se proponen las siguientes categorías de competencias:

- Conciencia situacional
- Toma de decisiones
- Comunicación
- Liderazgo/supervisión
- Trabajo en equipo
- Toma de conciencia de factores que influyen en el desempeño (performance), por ejemplo estrés y fatiga.

A cada una de estas competencias se le pueden asociar componentes o elementos clave para su desarrollo, como se muestra en la tabla 2.

#### Programa *Well Operations CRM*

El entrenamiento en WOCRM no es suficiente para lograr un cambio radical en la industria, pero es condición necesaria para apreciar la importancia de los FFHH y generar las condiciones para una mejora de la seguridad en las operaciones.

Si se busca una eficaz aplicación de los conocimientos y habilidades NOTECH, se deberá implementar un programa CRM que contemple todas las etapas de la gestión, y no solo las relacionadas con el aseguramiento de competencias.

#### CRM en el contexto de la industria

Un aspecto importante que hay que considerar para la implementación de un programa CRM es el contexto. En el caso particular de la industria aeronáutica, se pueden señalar como relevantes los siguientes factores contextuales que hacen a este tipo de formación:

- El entrenamiento en CRM es estándar de la industria (Organización de Aviación Civil Internacional (OACI)).
- Es un requisito legal (Administración Nacional de Aviación Civil [ANAC]).
- Es controlado su cumplimiento por la autoridad de aplicación (ANAC).
- Un accidente tiene muy alto impacto en el negocio (en la empresa y en la industria).
- Está incorporado a la cultura de seguridad operacional aeronáutica.

- Es una industria con una consolidada disciplina operativa de pilotos.

Queda entonces como desafío para la industria del petróleo y el gas analizar cuáles son las condiciones en cuyo marco se debería implementar el CRM. Para esto, pueden ser útiles preguntas como las siguientes:

- ¿Podría ser un estándar de la industria?
- ¿Podría ser un requisito legal?
- ¿Sería controlado su cumplimiento por una autoridad de aplicación?
- ¿Los accidentes (*blowout* y otros) tienen alto impacto en el negocio tanto en la empresa como en la industria?
- ¿Cómo es la cultura de seguridad organizacional?
- ¿Está instituido un proceso de disciplina operacional?

## Conclusiones

La industria aeronáutica desarrolló el CRM, que pone el foco en las competencias no técnicas para lograr un alto desempeño en seguridad operacional.

Los programas de CRM se diferencian de otros programas de entrenamiento, dado que, por un lado, abarcan todas las habilidades no técnicas en un solo curso con material basado en evidencias, y por el otro, puede evaluarse su eficacia a partir de métodos basados en la experiencia en industrias, como la aeronáutica.

La industria del petróleo y el gas identificó la necesidad de entrenar a las personas en habilidades no técnicas. Para ello, la IOGP elaboró las recomendaciones N.º 501 y N.º 502 sobre WOCRM, adoptando como modelo de referencia los desarrollos de la industria aeronáutica. Este entrenamiento debería integrarse a la formación técnica del personal con un enfoque práctico.

El primer paso en este proceso consiste en una formación introductoria, que les permita a los participantes conocer los conceptos clave de CRM, como en qué se basa una instrucción en habilidades no técnicas, e identificar lineamientos para la implementación de un programa de CRM en las operaciones en los pozos (WOCRM).

Como se mencionó, no es suficiente el entrenamiento en CRM para lograr la aplicación eficaz de las habilidades no técnicas con posterior influencia positiva en el desempeño en la seguridad operacional. El entrenamiento debería ser parte de un proceso que comprenda las siguientes etapas y acciones:

- Establecer el programa WOCRM. Para ello, es necesario:
  - Definir su objetivo y alcance (operaciones y actividades clave o críticas, roles involucrados, sitios, etc.), hacer un análisis de contexto, plazos y recursos.
  - Comunicar su objetivo, alcance y beneficios.
  - Entrenar facilitadores.
  - Elaborar y poner en vigencia procedimientos operativos NOTECH.
- Implementar el programa WOCRM e incluir el en-

trenamiento específico de trabajadores de roles clave en los procedimientos NOTECH.

- Evaluar el desempeño a través del seguimiento, del cumplimiento y la eficacia de los procedimientos NOTECH, incluyendo indicadores y auditorías.
- Mejorar el programa por medio de la identificación de oportunidades y acciones correctivas ante desvíos.

El entrenamiento en WOCRM que se inició en YPF en el marco de su visión y sus políticas sigue los lineamientos propuestos por las recomendaciones de la IOGP. Representa un desafío que, sin dudas, será necesario abordar en la industria para avanzar en el camino de la excelencia operacional.

## Bibliografía

- Covello, A. (2021). *Investigación sistémica de accidentes*. Circus.
- Energy Institute (2014). *Guidance on crew resource management (CRM) and non-technical skills training programmes*.
- Flin, R. (1997). *Crew resource management for teams in the offshore oil industry*. *Team Performance Management*, 3(2), 121-129. MCB University Press.
- IOGP (2014). *Report N.º 501. Crew Resource Management for Well Operations teams*.
- IOGP (2014). *Report N.º 502. Guidelines for implementing Well Operations Crew Resource Management training*.
- Norwegian Oil Industry Association (2012). *DEEPWATER HORIZON Lessons learned and follow-up*.
- OACI (2021). *Doc 10151 Manual on Human Performance (HP) for Regulators*. First Edition (Advance unedited).
- OACI (1984). *Doc 9422-an/923, Manual de Prevención de Accidentes (Prevac)*.
- OACI (1998). Documento 9683, *Manual de instrucción sobre Factores Humanos*.
- OACI (2006). Documento 9868.
- OACI (2013 y 2016). Anexo 19.
- OACI (2018). Documento 9859.
- OACI (2020). Anexo 13.
- O'Connor, P. & Flin, R. (2003). Crew resource management training for offshore teams. *Safety Science*, 41(7), 591-609.
- Reason, J. (1990). *Human Error*. Cambridge University Press, Nueva York.
- Reason, J. (2009). *El error humano*. Modus Laborandi, Madrid.
- Reason, J. (2010). *La gestión de los grandes riesgos. Principios humanos y organizativos de la seguridad*. Modus Laborandi, Madrid.
- Smith, B.; Benjamin, P.; Craig, N.; Wang, Q.; Larrañaga, M. D. (2020). *Human Error Analysis of the Montara Well Blowout. Process safety progress*.
- U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board (2010). *Investigation Report Executive Summary Report. Drilling Rig Explosion and Fire at the Macondo Well*.
- Velasco, G. (2010). Posibles causas del accidente de la plataforma Deepwater Horizon. *Petrotecnia*.

## Autores

**Percy Ryberg** es Comodoro retirado de la Fuerza Aérea Argentina, donde se desempeñó mayormente en unidades de combate con aviones Mirage III y 5. Es Oficial de Estado Mayor de las FAA y Oficial de Estado Mayor Internacional de la Fuerza Aérea de Alemania; también tiene un MBA de la Universidad del Salvador. Desde su retiro de la Fuerza Aérea en 2008, trabaja en YPF. Ha sido Gerente de Planificación y Control de la Dirección de Compras y Contrataciones (2008-2010), Gerente de Seguridad Física (2010-2020) y Gerente de Gestión Aeronáutica (2008 hasta el presente).

**Alejandro Covello** es aviador militar, Instructor IATA en Factores Humanos y CRM y licenciado en Higiene y Seguridad en el Trabajo. Desde hace más de dos décadas se desempeña como piloto de línea aérea y desde 2013 es asesor de investigación de accidentes en el transporte. Ha dictado cursos en la Argentina y en el exterior y es un referente de la investigación en seguridad operacional. Fue fundador de la Asociación Civil Ateneo, dedicada al estudio de los Factores Humanos y Organizacionales en el sector de la aviación. Ha coordinado y participado como autor de distintos libros sobre la temática, entre los que se destacan CRM. El despegue (2001), que fue traducido al italiano (2001); Voando com CRM da Filosofia operacional técnica a filosofia interativa humana (Brasil, 2004); Factores humanos, seguridad y calidad en la aviación (2005); Sistemas de seguridad operacional, compromiso aeronáutico del siglo XXI (2011). Es coautor de Análisis sistémico de la pandemia del coronavirus. Un accidente normal (2020, de Marcelo Muro). Su más reciente publicación es Investigación sistémica de accidentes. Modelo para el transporte y la gestión de riesgos en sistemas complejos (2021).

**Claudio Luis Salvetti** es ingeniero electromecánico (UBA) especializado en protección radiológica y seguridad nuclear (OIEA-UBA), en higiene y seguridad en el trabajo (UBA) y magíster en Psicología Empresarial y Organizacional (UB-Tesis "La percepción de los riesgos asociados a centrales nucleares en trabajadores y en miembros del público"). Trabajó en la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) en distintas funciones con responsabilidad en la seguridad radiológica y nuclear. Se ha desempeñado en la industria del petróleo y el gas a cargo de la gestión de calidad, ambiente, seguridad y salud ocupacional en distintas empresas. Fue examinador del premio nacional a la calidad. Integró la Comisión de Seguridad del IAPG (Instituto Argentino del Petróleo y el Gas) y fue administrador para la Argentina del foro LADS (Seguridad en Perforación para Latinoamérica). Actualmente, es consultor en gestión organizacional, capacitador en sistemas de gestión y coordinador del diplomado en Sistemas de Gestión Integrados (SGI) en IRAM. Además, integra equipos de investigación en la gestión del riesgo asociado a sistemas tecnológicos complejos. Ha presentado los siguientes trabajos en distintos congresos: El Factor Humano en el proceso de mejora: un caso de evolución de la gestión de seguridad en la industria del petróleo (IAPG, 2004), Programa de seguridad basado en el comportamiento (IAPG, 2004) y Balance de las condiciones generales de diseño y de operación en relación con la seguridad de una planta de conversión de UF6 a U3O8 (combustible de uranio) (Asociación Argentina de Tecnología Nuclear, 1992), entre otros.