

	<p style="text-align: center;"><b>Estándar Anticolisión y Gerenciamiento de Survey</b></p>	<p>Autorizó <i>Arturo Silva Villamizar</i></p>
	<p>Revisión: 01 <span style="float: right;">Página: 1 de 14</span></p> <p>Fecha: 20/01/2022 <span style="float: right;">Código: HOK-OTD-ES-010</span></p>	

## • Contenido

1. Objetivo
2. Alcance
3. Términos, abreviaturas y definiciones
4. Desarrollo
5. Documentos de referencia
6. Anexos

1	Se actualiza el apartado 4.3.2.	28/01/2022
0	Primera Edición del documento.	23/12/2021
REV	DESCRIPCION	FECHA

## 1. Objetivo

Definir los requerimientos mínimos que se deben cumplir durante la planificación, ejecución y post ejecución de la perforación de los pozos, para minimizar el riesgo de colisión con otros pozos.

## 2. Alcance

Este estándar es de aplicación con carácter obligatorio para todo el personal propio y contratado involucrado en las operaciones de Perforación de la Vicepresidencia de D&C.

El estándar debe ser aplicado para el gerenciamiento de datos, planeación de trayectoria de pozo, aseguramiento de la calidad de la información, ejecución y reprocesamiento de la información.

## 3. Términos, abreviaturas y definiciones

### Abreviaturas:

- **ADP** (*Allowed Deviation of Plan*): Desvío del Plan Permitido utilizado para el cálculo de MAS (ver Anexo II).
- **BGGM** (*British Geological Survey Global Geomagnetic Model*): Modelo matemático del campo magnético del planeta tierra sin perturbación. Este modelo magnético que debe ser actualizado cada año en Compass por el Especialista Direccional
- **COMPASS** (*Computerized Model for Predicting and Analyzing Support Structures*): Software de Landmark para manejo del banco de datos de *surveys*, construcción de trayectoria y evaluación del riesgo de colisión de pozo. Este software constituye la Base de Datos de los surveys de HOKCHI, cuyos datos originales son tomados de Open Wells.
- **Ct-Ct**: Distancia centro a centro entre dos pozos, calculada con la metodología de menor distancia 3D.
- **D&C**: Drilling and Completion.
- **DD** (*Directional Driller*): Operador de equipamiento de perforación direccional.
- **EDI** (*Error Drillstring Interference*): Error medido en magnitud de grados, ya sea en el azimut o dirección de pozo, producto de las cualidades magnéticas del metal que conforma el BHA cercano al sensor de dirección.
- **FAC** (*Field Acceptance Criteria*): Parámetros que sirven para control de calidad de survey, teniendo como referencia el campo magnético, gravitacional y el ángulo de entrada del campo magnético en la tierra (Dip°)
- **IPM** (*Instrument Performance Model*): Es una descripción matemática de los errores asociados un instrumento de medición de Survey. El modelo permite calcular la incertidumbre en la medición de un instrumento, dada una condición específica en pozo. IPM también es conocido como modelo de incertidumbre, *tool-codes* o *tool error models*.

- **ISCWSA** (*Industry Steering Committee on Wellbore Survey Accuracy*): Es el comité que elabora estándares para la industria relacionados con la precisión del Survey de los pozos y cuyo modelo de error será el utilizado por HOKCHI.
- **MAS** (*Maximum Allowed Separation*): Máximo Desvío Permitido, es el factor de seguridad de superficie que contempla un posible desvío de posición de pozo no tratado con la elipse de incertidumbre. Ver Anexo II, Cálculo de MAS.
- **MWD** (*Measure While Drilling*): Adquisición de mediciones durante la perforación mediante herramientas instaladas en el BHA, entre ellas, al menos las siguientes: medición de inclinación y dirección del pozo.
- **OEM** (*Original Equipment Manufacturer*): Fabricante Original del Equipo.

## Definiciones:

- **Actual Design**: Programa de Survey definitivo del pozo (definitive survey o survey program). En Compass se muestra en color rojo.
- **Drilling Target**: Es la reducción, medida en metros, del margen de error tolerable para alcanzar el objetivo geológico, debido a la incertidumbre en el posicionamiento de la trayectoria del pozo y orientación de dicho objetivo.
- **Elipse de incertidumbre o incertidumbre de posición**: Área en un plano tridimensional que abarca la zona de la posición probable de una trayectoria. El tamaño de la elipse está relacionado, entre otras cosas, con el IPM seleccionado.
- **Factor de Separación** (FS): Relación entre centro de pozos y la elipse de incertidumbre debido a la posición relativa de ambos pozos. Ver Anexo I, Cálculo del Factor de Separación.
- **Field Acceptance Criteria** (FAC): Criterio de aceptación de calidad de survey que debe ser documentado con el Survey final.
- **Ingeniero del pozo**: Ingeniero de perforación de HOKCHI asignado al pozo.
- **Ingeniero Direccional** (*DD – Directional Driller*): Ingeniero / Operador Direccional del CONTRATISTA responsable de la operación direccional. **Perforación direccional** (*Directional Drilling*): Práctica en la que la trayectoria del pozo es controlada durante la perforación y orientada hacia un objetivo predeterminado.
- **Pozo Aislado**: Todo pozo el cual, posterior a un relevamiento, muestra no tener otro pozo en un radio de 7 Km desde su cabezal tanto para pozos verticales como desviados y 15 km para pozos horizontales.
- **Pozo No Aislado**: Todo pozo que no cumpla con la definición de Pozo Aislado o cuya información de las coordenadas de superficie o trayectoria no hayan sido validadas por Ingeniería de HOKCHI. Estos pozos se consideran en análisis de Anticolisión. Estos pozos son comúnmente conocidos como pozos offset.
- **Programa de Survey** (*Survey Program*): es la presentación de una serie de instrumentos de medición y requerimientos de Survey necesarios para alcanzar el target definido en Requerimiento de Pozo, posición de pozo en caso de la perforación de un pozo de alivio,

evitar colisionar otros pozos y prevenir incidentes que afecten la salud, seguridad del personal y el medioambiente.

- **Relevamiento de Anticolisión** (*Anticollision Scan*): Es un análisis de la proximidad de los pozos vecinos tomando en consideración sus respectivas elipses de incertidumbres de posición como resultado del error intrínseco del instrumento de toma de Survey. Este análisis debe ser realizado con el software Compass. Los modelos de incertidumbres deben ser elegidos de acuerdo con las directrices de selección de IPM y con la versión más actual del ISCWSA.
- **Requerimiento de Pozo**: Documento elaborado por: Geología, Desarrollo de reservas, Ingeniería de Perforación e Ingeniería de Completación donde se incluyen los Inputs para el Programa Operativo de Pozo.
- **Survey**: Medición de Inclinación y Dirección del pozo a una determinada profundidad.
- **Survey Plan**: (Survey tool program) Diseño de trayectoria definitivo aprobada a ejecutar. En Compass se muestra en color azul.

## 4. Desarrollo

### 4.1. Lineamientos de etapa de planificación

En el siguiente cuadro se definen las principales responsabilidades del Contratista y de HOKCHI:

TAREA		CONTRATISTA		HOKCHI		
		Wellplaner	Tech Advisor	Ingeniero de Pozo	Líder de Ingeniería	Gerente de Ingeniería
Diseño del Pozo acorde a este estándar	Riesgo de colisión Bajo (*)	Realiza	Aprueba	Realiza	Aprueba	--
	Riesgo Colisión Medio y Alto (*)	Realiza	Aprueba	Realiza	Revisa	Aprueba

**Tabla 1:** Cuadro de principales responsabilidades en proceso de Planificación. (\*) Clasificación de riesgo de Colisión según apartado 4.1 – Tabla 5).

Es responsabilidad del Ingeniero del Pozo en cuestión mantener actualizados tanto los datos en Compass como el archivo (file) digital del pozo en Open Wells; así como es requerimiento que el Líder de Ingeniería de Perforación de HOKCHI asegurar la calidad de dicho almacenaje y tener la propuesta de Survey final aprobada y firmada por el representante de la contratista.

### 4.1.1. Almacenamiento de datos

Para cada pozo donde se corra una herramienta de survey direccional se debe almacenar, en el archivo (file) del pozo de HOKCHI en Open Wells, al menos, la siguiente información:

- 1) Copias digitales de Survey finales y documentos de soporte de calidad de Survey en FAC, incluido todos los instrumentos utilizados.
- 2) Información de soporte del instrumento de medición más preciso utilizado para determinar la posición del pozo.



**Nota 1:** Esto incluye: descripción de la herramienta de Survey, referencias, datum e informaciones requeridas para eliminar ambigüedad en cualquier trayectoria de pozo.

En Compass se debe cargar el nombre del pozo exactamente como figura en el Programa del Pozo y como programa principal.

### 4.1.2. Datos históricos

Cuando se utilicen datos adquiridos con una tecnología cuya precisión es incierta o desconocida o, cuando se ingresen datos de este tipo en la base de datos de HOKCHI, se le debe asignar el modelo de error IPM denominado Unknown hasta que el estatus sea confirmado por el Especialista de Direccional de HOKCHI, se realice otra evaluación con otro modelo o se realice un nuevo registro de survey.

En los intervalos de pozos que tienen únicamente instrumento de medición de inclinación (Totco, Pro-Drift, etc.) se debe considerar el modelo de incertidumbre Inclination only.

En los intervalos de pozo sin información de survey validada se aplicará el modelo Blind o Assumed Vertical posterior a un análisis estadístico de pozos.

### 4.1.3. Modelo IPM

Antes de cargar una nueva herramienta en Compass, se deberá corroborar el modelo de este proveedor con su categorización en ISCWSA. La aprobación de esta introducción de modelo debe ser realizada por el Especialista Direccional de HOKCHI.

### 4.1.4. Programa de survey

El programa de perforación direccional y monitoreo de la trayectoria del pozo será elaborado por el Ingeniero del pozo de acuerdo con los mínimos requisitos definidos en este documento y deberá ser validada por el Líder de Ingeniería de HOKCHI, o quien desempeñe dicho rol.

Todos los surveys y modelos de incertidumbre deben estar validados, pero divididos por cada intervalo de survey en cada sección de pozo o BHA utilizado, cuando el BHA cambie la configuración de herramienta de medición.



**Importante:** Se debe utilizar el modelo geomagnético más actualizado a la fecha estimada de perforación del pozo, el cual deberá estar cargado en Compass. En caso de que se posponga dicha perforación por un lapso mayor a 6 meses, se deberá actualizar tanto la fecha como modelo vigente.

## 4.1.5. Norte de referencia

Se define la referencia de Norte para cálculo de Survey según siguiente la tabla:

UNIDAD DE GESTIÓN	REFERENCIA DE NORTE
Neuquén	Norte Grilla o Grid North
Golfo San Jorge y México	Norte Verdadero o True North

**Tabla 2:** Tabla de definición de Norte para referencia de Survey.

## 4.1.6. Requerimientos generales de evaluación de anticolisión

Los pozos deben ser diseñados para cumplir con un **factor de separación superior a 1.5 o Ct-Ct mayor a 10 metros**, a excepción de pozos de alivio o sidetrack en sus primeros 200 m, donde podrán ser planificados con factores de separación inferior a 1.0 o Ct-Ct menor al MAS

El escaneo de anticolisión global debe ser ejecutado con todos los pozos cercanos según su definición. En Compass deben estar definidos los criterios de anticolisión según Anexo I.

## 4.2. Lineamientos de etapa de ejecución

En el siguiente cuadro se definen las principales responsabilidades del Contratista y de HOKCHI:

AREA	CONTRATISTA	HOKCHI	
	Ingeniero Direccional	Company Man	Ingeniero de Pozo
Ejecutar Programa de Perforación	Realiza	Realiza	--
Garantizar calidad de los surveys tomados	Realiza	Realiza	--
Monitoreo del plan de anticolisión y de auditar la información a cargada en sistema de HOKCHI	Realiza	--	Realiza
Aplicar las medidas definidas en este estándar para prevenir la colisión de pozos.	Realiza	--	Realiza

**Tabla 3:** Cuadro de principales responsabilidades en proceso de ejecución.

### 4.2.1. Plan actual de pozo


Cada vez que se modifique el diseño o plan aprobado es responsabilidad del Ingeniero del pozo actualizarlo y validarlo en Compass con un nuevo nombre.


El survey actual (real) del pozo debe ser actualizado en Compass por el Ingeniero del pozo.

### 4.2.2. Corrección de plan de trayectoria

Las desviaciones de la trayectoria planificada del pozo dentro del rango de tolerancia de riesgo de colisión son permitidas con aprobación del Ingeniero del pozo.

Todo otro cambio del diseño, fuera del rango de tolerancia acordado por el equipo de ingeniería de HOKCHI, debe ser aprobado según el estándar de Manejo del Cambio.

 **Importante:** Para Operaciones Offshore se deberá registrar toda su trayectoria con giróscopo o Gyro While Drilling (GWD), desde superficie hasta la profundidad final del pozo, durante la perforación, al finalizar la perforación o anterior a su abandono.

 **Importante:** El uso de herramientas con sensores de Inclinación y magnético del tipo MEMs (Sistema Micro-eletromecánico) no son permitidos para pozos con Factor de Separación inferior a 1.5 o con cualquier pozo con temperatura superior a 110 °C.

### 4.2.3. Ejecución de trayectoria

El Superintendente, o quien desempeñe dicho rol, es el responsable de asegurar el cumplimiento del plan direccional durante las operaciones de perforación dentro de las tolerancias establecidas por ingeniería.

Cuando se evidencie interferencia magnética durante la ejecución se deberá aplicar lo siguiente:

- 1) Registrar con giróscopo,
- 2) No se volverá a tomar como válido el registro de azimuth magnético hasta que la diferencia en las lecturas de azimuth entre el MWD y el giróscopo sea menor a 2°.

En caso de que no sea posible registrar con giróscopo, se deberá realizar un *Benchmark Survey*, de acuerdo con el Instructivo Operativo de Benchmark Survey de HOKCHI.

## 4.3. Lineamientos de etapa de cierre

En el siguiente cuadro se definen las principales responsabilidades del Contratista y de HOKCHI:

TAREA	CONTRATISTA		HOKCHI	
	Well planner	Ingeniero Direccional	Company Man	Ingeniero del pozo
Cargar la información en sistema de HOKCHI		Revisa	Realiza	--
Garantizar que la correcta información se encuentre cargada en Compass (*)	Revisa	--	--	Realiza
Actualizar File de Pozo e información de soporte en Compass	Revisa	--	--	Realiza

**Tabla 4:** Cuadro de principales responsabilidades en proceso de Cierre. (\*) Incluye los modelos IPM, según Anexo I de este estándar.

### 4.3.1. Gerenciamiento de datos de survey

Al finalizar una etapa de perforación del pozo y posterior a la validación con el Ingeniero Direccional (DD), el Ingeniero del pozo debe revisar el programa de Survey para próxima etapa.

En los casos en que se perdió un survey en tiempo real, se deberá buscar el archivo de memoria de la herramienta para incorporar el survey válido. Cuando se perfora con bajo riesgo de colisión, el dato del survey debe ser tomado, máximo, cada 30 m, en secciones dirigidas y cada 15 m si el DLS > 7°/30 m. En secciones verticales o tangentes < 60° inc, los surveys deben ser tomados en estaciones de máximo 100 m. Cuando la tangente supera los 60°inc, los surveys deberán ser tomados máximo cada 60 m.

En los casos de pérdida de un survey en tiempo real, se deberá buscar el archivo de memoria de la herramienta para incorporar el survey válido cuando exista.

La versión final de los surveys, compilados al final de cada pozo, es una concatenación de surveys individuales de cada sección de pozo utilizando el survey e IPM asociado con la menor incertidumbre posible asociada al tipo de herramienta de medición. La validación de este survey final es responsabilidad del Ingeniero del pozo.

### 4.3.2. Corrección de survey

Previo a cargar en Compass un Survey corregido por un algoritmo, se debe contar con la aprobación del Especialista Direccional de HOKCHI. Dicha aprobación debe ser realizada vía e-mail. ▲



## 4.3.3. Lineamientos de anticolisión

A continuación, se definen las premisas y acciones necesarias frente al riesgo de colisión.

FS o Ct-Ct	Planificación	Ejecución
<b>Riesgo Alto:</b> <b>FS &lt; 1.0 o</b> <b>Ct-Ct ≤ MAS</b>	No Permitido.	DETENER la operación, maniobrar a un punto seguro y elaborar un nuevo plan de acuerdo con el estándar de Manejo del Cambio (MoC). <b>Se debe incluir las acciones de los niveles de riesgo Bajo y Medio.</b>
<b>Riesgo Medio:</b> <b>1.0 ≤ FS &lt; 1.5 o</b> <b>MAS ≤ Ct-Ct ≤ 10m</b>	Se requiere aprobación por el Gerente de Ingeniería de un análisis de riesgo y plan de mitigación, a ser incluido en el Programa de Perforación.  Pozos Offshore con capacidad de fluir naturalmente, Desde la planificación de los Pad se deberá considerar en la definición de la profundidad de instalación de la Válvula de Subsuperficial el Cumplimiento de este estándar.	Se requiere aplicar MoC. Este incluye elaborar un plan para restaurar un factor de separación mayor a 1.5 o Ct-Ct > 10 m o planes de mitigación que minimice el riesgo.  En los pozos con <b>FS&lt;1.25</b> se deben aplicar adicionalmente las siguientes acciones:  Pozos en Producción: <ul style="list-style-type: none"> <li>Cerrar y despresurizar los pozos en producción, desde una profundidad mayor a la profundidad con potencial de colisión y asegurar la existencia de dos envolventes de barreras probadas por debajo de la zona de riesgo de colisión.</li> <li>Verificar que no exista presión en los anulares de los pozos con riesgo de colisión.</li> </ul> Pozo en el que se está Perforando: <ul style="list-style-type: none"> <li>Utilizar herramientas con mayor resolución</li> <li>Utilizar una densidad de lodo superior a la presión de formación expuesta en el pozo con riesgo de colisionar a la profundidad en que se podría ocurrir la colisión, siempre y cuando no se supere la ventana operativa según programa para evitar fracturar la formación expuesta.</li> </ul>
<b>Riesgo Bajo:</b> <b>FS ≥ 1.5 o</b> <b>Ct-Ct &gt; 10 m</b>	Permitido.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Monitorear si la trayectoria del pozo se desvía de la planificada más allá de la elipse de incertidumbre prevista inicialmente.</li> <li>Utilizar Travel Cilinder plots con surveys proyectados a 60 m del trépano.</li> </ul>

**Tabla 5:** Riesgos de colisión y acciones asociadas.

En eventos de Riesgo de colisión se deberá considerar en el análisis de riesgo el tipo de pozo (Inyector o Productor), Sección de pozo (intervalo superficial, Intermedio o Productor), Fluido de producción (Petróleo, Gas, H<sub>2</sub>S) y los rangos de presión (Peso de lodo vs Presión de formación) para evaluar el grado de riesgo relacionado a una colisión de pozo.

Una vez evaluados los riesgos, y concluyendo que es posible continuar perforando, se deberá realizar un estricto monitoreo de: Torque irregular o errático, pérdidas de circulación repentina, cambio de ROP, cantidad y tipo de recortes, propiedades de lodo, interferencia magnética, cambio de presión y vibración en cabeza de pozo vecino. Además, se deberá evaluar la posibilidad de perforar con trépano tricono, con baja ROP, Sistemas Rotatorios, Jetting y bajo ángulo de incidencia entre pozos.

## 5. Documentos de referencia

- Estándar de Manejo del Cambio (MoC).
- Industry Steering Committee on Wellbore Survey Accuracy (ISCWSA).
- Introduction to Wellbore Positioning – Research Office of UHI.

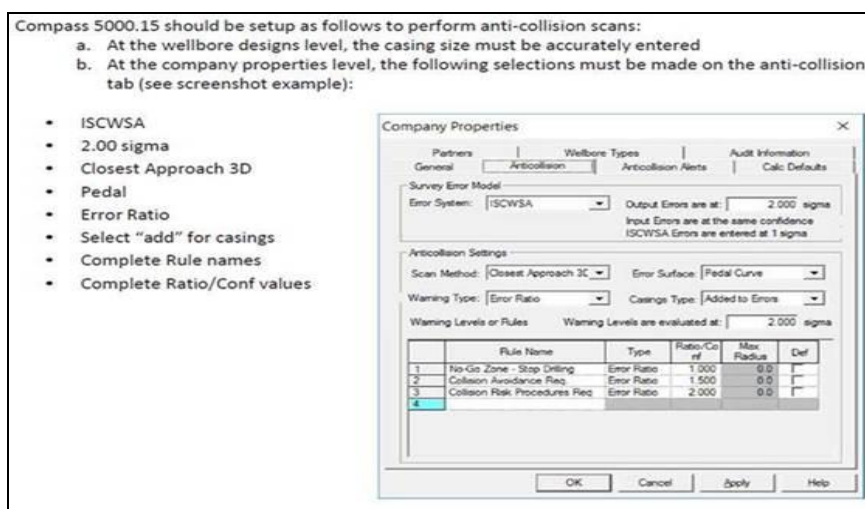
## 6. Anexos

### 6.1. Anexo I: Cálculo del Factor de Separación (FS)

La elipse de incertidumbre es el volumen utilizado para indicar la magnitud de la incertidumbre en la posición de un pozo a una determinada profundidad y con un intervalo de confianza del 95% (intervalo de distribución Gaussiana de 2 Sigma).

Para el correcto cálculo del FS en Compass, se debe insertar la información del revestidor (Casing) e incertidumbre de posición de superficie en la sección “Design”.

La sección “Company Properties” de Compass se debe configurar según la siguiente imagen:



**Figura 1** – Configuración de la sección Propiedades de Compass para el cálculo de Factor de Separación (FS)



**Nota:** En pozos que pasen uno por encima o por debajo del otro con una inclinación superior a 60 deg, la selección del “Error Surface” deberá ser sustituida por una Elipsoide o Combined Pedal Curve.

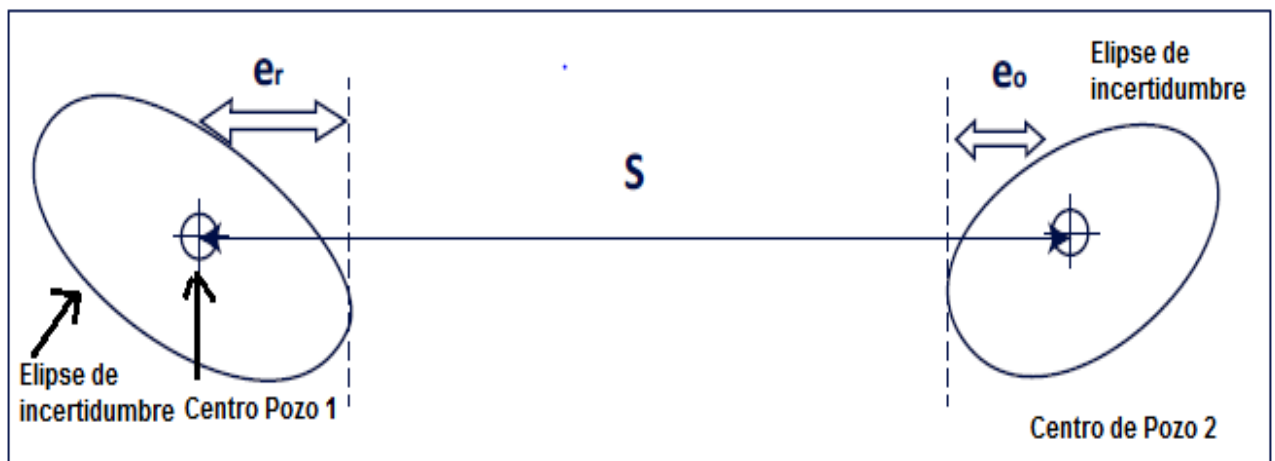
El Factor de Separación se define como la distancia centro a centro entre dos pozos vecinos dividido por la suma de los radios semi ejes mayores de sus elipses de incertidumbre asociadas y la suma de los radios de casing y pozo, como se muestra en la siguiente fórmula:

$$\text{Factor de Separación (FS)} = S / (e_o + e_r + \text{Casing \& Pozo radio})$$

Donde:

- S = Distancia de separación entre centros de pozo.
- $e_o, e_r$  = Semi eje mayor de cada elipse de incertidumbre.
- Casing & Pozo: Corresponde al radio combinado de casing y pozo.

A continuación, se presenta la fórmula de Factor de Separación:



**Figura 2** - Ilustración para cálculo de Factor de Separación

Espacio dejado en blanco intencionalmente

## 6.2. Anexo II: Cálculo de MAS (Maximum Allowed Separation)

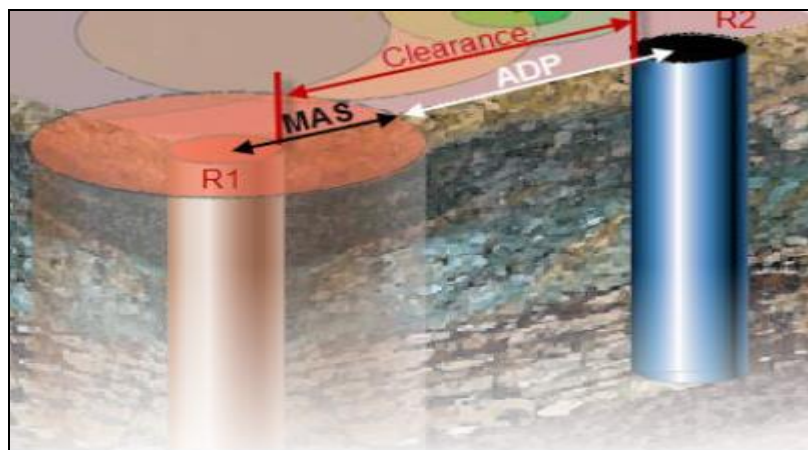
El MAS se aplica en etapas superficiales donde el Factor de Separación (FS) no puede representar el grado de riesgo de colisión.

El desvío máximo permitido (MAS) es un valor constante y determinado por la siguiente fórmula:

$$\text{MAS@bdp} = \text{Ct-Ct@bdp} - \text{ADP}$$

Donde:

- ADP (*Allowed Deviation of Plan*) = 30% x Clearance
- Clearance@bdp = Ct-Ct@bdp – (R1 + R2)
- Ct-Ct@bdp: representa la distancia de separación entre centros de pozo al punto de referencia del pozo o boca del pozo
- R1 y R2 Radios de los Casing en la evaluación.
- Bdp = Boca de pozo



**Figura 3** - Representación de las variables de cálculo

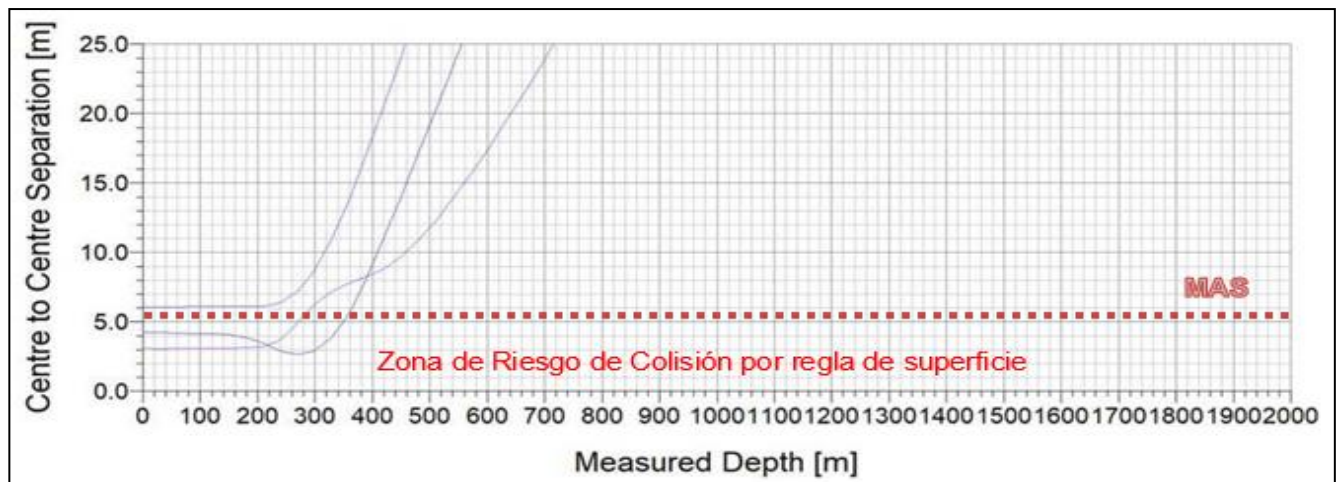
En los casos en que el resultado sea un valor superior a 10 m, se fija el valor de MAS a 10 m. Por lo que el MAS resulta:

$$\text{MAS@bdp} = 10 \text{ m}$$

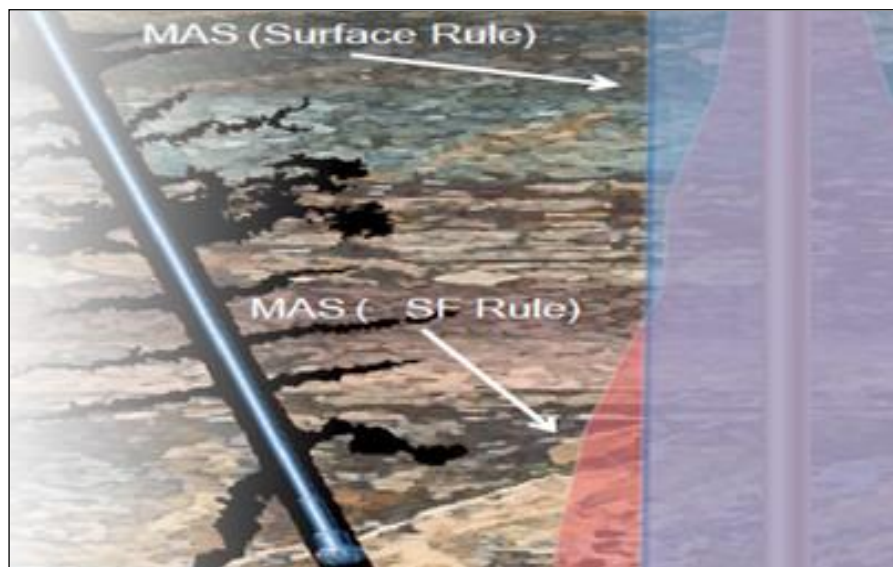


**Importante:** Cuando el MAS supere o iguale a la distancia Ct-Ct ( $\text{Ct-Ct} \leq \text{MAS}$ ), la perforación se encuentra en zona de alto riesgo de colisión. Por lo que se deben tomar las mismas acciones que cuando  $\text{FS} \leq 1$ .

A continuación, se presenta la forma de análisis gráfica que debe contener el análisis de Anticolisión:



**Figura 4** - Ejemplo genérico de representación de separación centro a centro y MAS calculado.



En la siguiente representación se muestra la diferencia entre MAS y factor de separación:

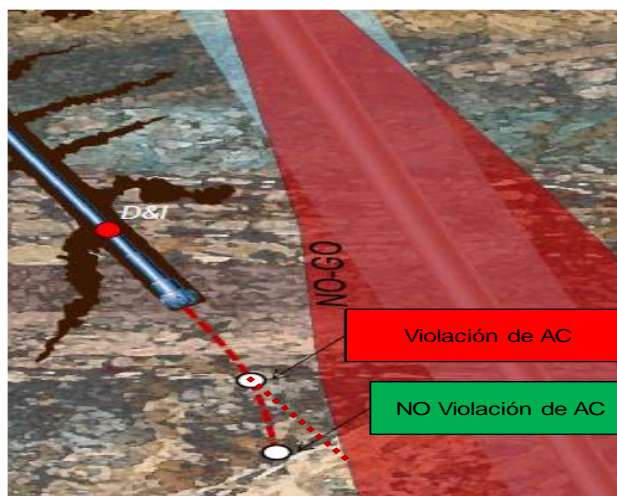
**Figura 5** - Comparación de MAS y factor de separación.

### 6.3. Anexo III: Proyección de punto de survey

En situaciones de  $FS < 1.5$ , se debe proyectar 60 m delante del trépano realizando el mapeo de anticolisión para verificar la proximidad de los pozos adyacentes a intervalos de 10 m o menos (cuando hay alto riesgo de colisión), excepto cuando el acercamiento sea perpendicular, en cuyo caso se debe aplicar el apartado 4.3.1 de este estándar.

La trayectoria del pozo debe ser proyectada 60 m delante del trépano tomando en consideración el resultado más conservador de:

- (a) proyección lineal con la última estación de *survey* como origen;
- (b) proyección adicional utilizando la tendencia de los últimos dos *survey*.



**Figura 6 - Proyección de survey**