

INTEGRIDAD DE EQUIPOS DE TORRE

**Ricardo Berra, Miguel Valin
Tecpetrol**

Abstract

En función del escenario presentado por el parque de equipos de torre hacia fines del año 2000 en nuestro país en materia de seguridad, Tecpetrol decidió implementar un plan tendiente a mejorar las condiciones mecánicas y operacionales de los equipos de perforación, work over y pulling que operan en sus yacimientos.

El programa de mejoras desarrollado se basó en tres aspectos:

1. Locaciones y anclajes.
2. Inspecciones y recertificaciones.
3. Capacitación del personal.

El primero consistió en la elaboración de un procedimiento para construcción de locaciones y caminos que incluye aspectos de reservorios, ingeniería, medio ambiente, seguridad, biofísicos y el estudio de suelos pre y post construcción (capacidad portante del suelo, calidad de suelos aportados, compactación, etc.), complementado por una guía de construcción y prueba de anclajes.

El segundo aspecto consistió en una campaña de evaluación de equipos activos en la empresa a través de la reconstrucción de su historial, lo que permitió establecer una frecuencia de inspección no destructiva acorde con el estado de cada una y la recertificación de las torres más comprometidas.

Para la capacitación del personal se implementó un programa de charlas, cursos, prácticas y auditorías tendientes a asegurar el cumplimiento de los procedimientos de trabajo seguros.

Introducción

Hacia fines del año 2000 la frecuencia de accidentes en equipos de torre afectados a las actividades de perforación, terminación y reparación de pozos y pulling llevó a Tecpetrol a implementar un programa tendiente a identificar, ponderar y acotar los aspectos más críticos de la actividad desde el punto de vista de la seguridad.

El siguiente cuadro detalla la situación en aquel momento

Equipos	Cantidad de accidentes			
	1998	1999	2000	2001
Perforación + Work over + Pulling	7	9	7	13

Si bien los números mostrados corresponden a accidentes de variada índole, se aprecia claramente que los equipos de torre constituyen un foco de especial atención.

El cuadro siguiente muestra el número de incidentes producidos por fallas mecánicas en diferentes zonas de nuestro país poco más de dos años:

Provincia	Año		
	1999	2000	2001
Santa Cruz	1		
Neuquen	1	3	1
Chubut		1	
Rio Negro		2	1
Mendoza			1

Estrategia del plan

En base a una primera evaluación se definieron tres áreas potenciales de mejora:

- La solidez del terreno por donde se desplazan y emplazan los equipos
- La confiabilidad de las estructuras de torre
- La capacitación específica de los operarios

La firmeza de las locaciones fue considerada de tratamiento indispensable dado que resulta el “cimiento” de las estructuras de torre.

Las locaciones deben poseer una capacidad portante suficiente que garantice la estabilidad del equipo durante todo el tiempo que operará en la misma.

La confiabilidad de las estructuras solo puede lograrse a través de un seguimiento minucioso y documentado del resultado de las sucesivas inspecciones no destructivas a que haya sido sometida.

La capacitación y concientización de todo el personal involucrado resulta indispensable el desarrollo de un plan. Sin el compromiso de todas las líneas, tanto propias como contratadas, ningún intento de mejora en seguridad resulta sustentable.

Herramientas implementadas:

I- Procedimiento constructivo de locaciones y anclajes

Para construir una locación segura se debe tener en cuenta tres aspectos:

- La capacidad portante del suelo virgen
- La presión que el equipo a montar ejercerá sobre la superficie en que apoya., en condiciones de máxima carga dinámica (en general ésta resulta cuando monta ó desmonta, cuando entuba la cañería de aislación ó cuando cementa la misma mientras reciproca cañería ó en operaciones de pesca).
- Capacidad portante final (de la locación)

La capacidad portante se obtiene realizando calicatas profundas y mediante la aplicación de métodos similares a los realizados para las fundaciones de edificios, y aporta los datos necesarios para diseñar la construcción de la locación.

En casos de suelos inestables como las laderas de los cerros de Aguarague en la provincia de Salta, esto resulta de suma importancia y se realiza en cada nueva locación que se construye.

Con el resultado obtenido se calcula la cantidad y calidad del material de aporte en las distintas etapas de la construcción, como así también el espesor de las capas aportadas, la compactación, las maquinarias necesarias, el drenaje y la protección de los bordes.

La posición definitiva de la locación se define no solo en base a éstos cálculos de resistencia del suelo sino también en función de la estratigrafía y tectónica local y el impacto ambiental que introduce su construcción.

Además, el análisis de los aspectos de seguridad y logística tales como la orientación respecto a los vientos dominantes, la ubicación de la entrada y la fosa de quema, las dimensiones mínimas necesarias para asegurar la operación de los equipos, depósitos y viviendas, constituye otro factor determinante en la elección de la ubicación.

En los casos de yacimientos con suelos más homogéneos, por ejemplo canto rodado, los estudios de resistencia de suelo se realizan en forma de muestreo y su resultado se extiende a aquellas zonas de similares características, salvo las áreas más críticas, tales como laderas, faldeo de mesetas, zona de vertientes y arenales, donde se realizan estudios específicos.

La verificación de las condiciones del suelo post construcción de las locaciones se realiza fundamentalmente en aquellas expuestas a la acción erosiva de origen pluvial, y más generalmente en locaciones elegidas al azar cuando están en zonas similares y estables.

La verificación y evaluación de los impactos ambientales permite el desarrollo de las medidas de mitigación más apropiadas.



II- Evaluación del estado de los equipos

Inspección de equipos

Para definir el estado de los equipos contratados se decidió reconstruir su historia, yendo tan atrás en el tiempo como fuera posible. Para ello se requirió a las empresas la mayor cantidad de información documentada posible en cuanto a características del equipo, capacidad, cambios de partes, inspecciones no destructivas realizadas, etc.

Esa información fue volcada a tablas en orden cronológico a efectos de establecer el estado de integridad de cada uno. A modo de ejemplo se muestra la siguiente planilla modelo:

Planilla de registros de Inspecciones de Equipo

Cuadro: Ideco H40

Mastil: Harold lee 102 -26 . En octubre del 2000 la firma LOADMASTER ENGINEERING INC de Houston (TE N° (281) 586-9935 realizo una inspeccion visual. En un documento extendido por dicha firma se expresa que fue reparado de acuerdo a la especificación API 4 E y AISC (American

EQUIPO: xxxx Marca y modelo: Ideco H40 Cia.:													
Año de inspección	Torre-Tramo 1°	Torre-Tramo 2°	Piso de enganche	Chasis	Caballote	Subestructura	Punto muerto	Frenos	Corona	BOP	Aparejo	Tanques de aire	Manifold
30-Mar-93	5	3	0	3	2		0	2	0		0		
22-Oct-93	2	1	0	1	3		0	0	0				
6-Nov-93						0	0						
10-May-94							0				0		
14-Feb-95	7	9	4		0	4	0	0	0		0	0	
12-Sep-95			0		0		0	0					
11-Nov-95					0								
16-Mar-96	4	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0		
28-Dic-96	1	0			0								
28-Ago-97			0								0		
10-Abr-98	0	0	2		0	3		10	0				
27-Abr-99			0				0		0		0		
26-Ago-00	0	0	1		0		0	0	0				
12-Oct-00	0	0			0								
10-Feb-01									0				0
14-Mar-01				0			0	0			0		

El análisis de la evolución del número de fisuras detectadas en las diferentes inspecciones permitió definir la periodicidad de las inspecciones para cada equipo, poniendo en vigencia las siguientes pautas:

1- Torres tubulares: En lo posible se evita el uso de equipos con torre tubular.

2- Torres tipo "C" de perfiles:

I - Con historia mayor a 6 años y con escasa detección de fisuras (en las últimas dos (2) inspecciones 5 fisuras o menos): realizar inspección completa cada 2 años.

II - Con historia y detección de muchas fisuras (más de 5 fisuras en cada una de las últimas dos inspecciones): realizar inspecciones completas cada año, hasta que en las últimas dos se encuentren cinco (5) o menos fisuras, en cuyo caso, el período de inspecciones pasará a regirse según el punto anterior.

III- Con una sola inspección y menos de diez (10) fisuras detectadas: realizar inspección completa cada 18 meses.

La periodicidad de las siguientes inspecciones se determinará de acuerdo al resultado de la anterior.

IV- Con una sola inspección y más de diez (diez) fisuras detectadas: Realizar inspección completa cada un (1) año entre inspecciones hasta que en dos de ellas, consecutivas, se encuentren cinco (5) fisuras o menos en cada una, en cuyo caso, el período entre inspecciones pasará a regirse según el punto I.

V- Cuando el equipo estuviere inactivo por un período mayor a 6 meses (con inspección válida por tiempo), realizar inspección de frenos (todos sus componentes, por ej. tambor, zapatas, levas, varillas, etc.), punto muerto, corona (completa), rodamientos, cables (hacer corrida total del cable y luego inspeccionarlo visualmente). Sistema de izaje.

VI- Para todos los equipos que inician contrato, aún cuando no hubieren tenido período de inactividad previo inmediato, hacer corrida total de cable y luego inspeccionar visualmente.

VII- Todos los elementos cromados deberán inspeccionarse por ultrasonido, radiografía u otro método que asegure detección de fallas internas.

La torre se debe inspeccionar íntegramente, incluyendo la totalidad de sus soldaduras. Similar criterio se aplica al piso de enganche, subestructura y chasis, comprendiendo cáncamos y pernos, sistema de izaje, caballetes de apoyo, punto muerto, poleas, rodamientos, frenos, etc.

Se realiza una inspección semestral de las partes móviles: aparejo, cabeza de inyección, elevadores, amelas, cuñas, cáncamos de retenidas de llaves, llaves, etc.

Se estableció como pauta ineludible que la inspección del aparejo, gancho y cabeza de inyección se realice con esos elementos totalmente desarmados. Paralelamente se está buscando sistematizar el recambio de sus componentes críticos como el eje de aparejo y perno de vinculación con el gancho, entre otros, a través de la determinación de su vida útil.

Asimismo, se está consensuando con las empresas prestadoras de servicios de torre el carácter que deben cumplir los elementos a reemplazar, sugiriéndose que podrán ser de origen nacional en aquellos casos que pueda efectuarse la trazabilidad del material, y certificarse la calidad de mano de obra y procedimientos de fabricación.

Recertificación de torres

A efectos de fortalecer este procedimiento se determinó además la necesidad de recertificar las torres que no tuviesen la certificación de placa y aquellas que teniéndola, hubiesen estado sometidas a condiciones de carga severa en reiteradas oportunidades.

A tal efecto se evaluó la actividad de cada equipo teniendo en cuenta su historial, el resultado de las inspecciones, las capacidades de tiro y el sometimiento a esfuerzos de impacto por uso de golpeadores, pescas, cantidad de montajes y desmontajes, etc.

El principal inconveniente que presentó ésta etapa fue el hecho de que muchos equipos han tenido reparaciones donde se modificó el diseño, o no se utilizaron materiales originales, por lo que la recertificación a través del constructor del mástil es prácticamente inviable.

En razón de ello la recertificación de las torres se realiza con empresas de ingeniería especializadas en inspección de mástiles y generalmente integradas por profesionales que trabajaron en las fábricas de equipos.

III- Capacitación del personal

El trabajo de capacitación y mejora continua se realiza a través de una serie de cursos, charlas previas al desarrollo de la actividad diaria, procedimientos operativos, confección de Permisos de Trabajo, confección de ATS (análisis de trabajo seguro) y auditorías.

Procedimiento para DTM (desmontaje, transporte y montaje)

Los DTM de los equipos de torre son analizados individualmente por la supervisión de Tecpetrol y el Contratista con el fin de determinar la presencia de dificultades especiales tales como transporte en zonas urbanas, caminos de montaña, clima adverso, permisos de transporte, etc.

Los principales tópicos que se tienen en cuenta para asegurar el éxito del DTM son los siguientes:

Trabajos previos

- Recopilación de información: Siglas del pozo, coordenadas, estudio de impacto ambiental, planificación de la logística, verificar instalaciones y actividad en la zona de tránsito (tendido de oleoductos, líneas eléctricas, cortes de ruta, etc.)
- Verificación de la locación: orientación, nivelación, firmeza, dimensiones, fosa de quema, escape de emergencia, drenajes.
- Verificación del camino de acceso: tramitación de permisos de tránsito, constatar cruces de rutas, ferrocarriles, puentes, vados, zonas urbanas, ductos, líneas eléctricas, peso permitido en rutas.
- Anclajes: verificación de que los anclajes se encuadren en la Norma de Construcción de anclajes de Tecpetrol SA.

Transporte de equipos:

- ◆ Coordinación: definición de los recursos necesarios (grúas certificadas, camiones, máquinas viales, distribución de cargas, tiempos de transporte)
- ◆ Reunión de seguridad: Divulgación del programa de actividades, designación de responsables, repaso del Plan de Contingencias, etc.
- ◆ Cargas: Verificación de eslingas, capacidad de grúas, ubicación de cargas, amarres.

Montaje de equipos:

- Consideraciones generales: Uso de EPP (elementos de protección personal), planificación del uso de grúas, inspección de eslingas, puestas a tierra, colocación de protectores de elementos rotativos, repaso de normas de levantamiento de pesos y de izaje de cargas, etc.
- Reunión de seguridad: Determinación de la secuencia de montaje, asignación de tareas al personal, uso de grúas y camiones petroleros, rol de emergencias, etc.
- Verificación de los anclajes: aplicación de la norma específica.
- Nivelación del terreno en boca de pozo: Aplicación del procedimiento para locaciones, construcción de drenajes, etc.
- Izamiento del mástil: Se realiza según el procedimiento del fabricante y teniendo en cuenta las siguientes recomendaciones: Chequeo de circuito hidráulico. Verificación de las purgas antes de levantar o bajar la torre. Chequeo del estado de los cables y disposición de los contravientos. Verificación visual de la corona, piso de enganche y apoyos. Verificación de la esbeltez del pistón de elevación del 2º tramo de la torre. Verificación del accionamiento de las trabas del 2º tramo. Verificación de alineación del aparejo con la boca de pozo. Verificación de la tensión de contravientos. Colocación del seguro a todos los pines del equipo. Verificación de que todas las roldanas están protegidas contra caída por rotura de eje.
- No levantar ni bajar la torre en horas nocturnas ni con vientos superiores a 45 km./h.
- Montaje de componentes periféricos: Todos los componentes que requieran elevarse para colocar en posición definitiva deben guiarse con cuerdas. Los tanques de almacenamiento de químicos y combustibles deben ser colocados en bandejas con bordes para evitar derrames. Los trabajos de electricidad deben ser efectuados exclusivamente por electricistas. Los trailers de cualquier naturaleza deben ser colocados como mínimo a una distancia de la boca de pozo igual a 1.25 veces la altura de la torre. Las piletas de lodo deben montarse (de ser posible) a 15 m de la boca de pozo. El comando hidráulico del conjunto BOP a 30 m.
- Tendido y anclaje de líneas de venteo: El extremo de la línea de venteo debe estar fuera de la locación a 50 m aproximadamente de la boca de pozo, en dirección “aguas abajo” del viento dominante, respecto de la misma. En función de las características del pozo, la línea ser soterrada y anclada, o sostenida mediante soportes diseñados a tal efecto. Si las condiciones lo permiten puede ser anclada con estacas cruzadas y atadas entre sí, especialmente en el extremo libre del caño.

Después de completado el montaje del equipo se realiza un check-list. Las fallas detectadas son remediadas inmediatamente y antes del inicio de las operaciones si son consideradas de alto riesgo ó en un plazo lógico si no lo son.

Si las fallas son de alto riesgo, es decir, comprometen la ejecución segura de las tareas y no son reparadas inmediatamente, el equipo queda fuera de servicio hasta su ejecución.

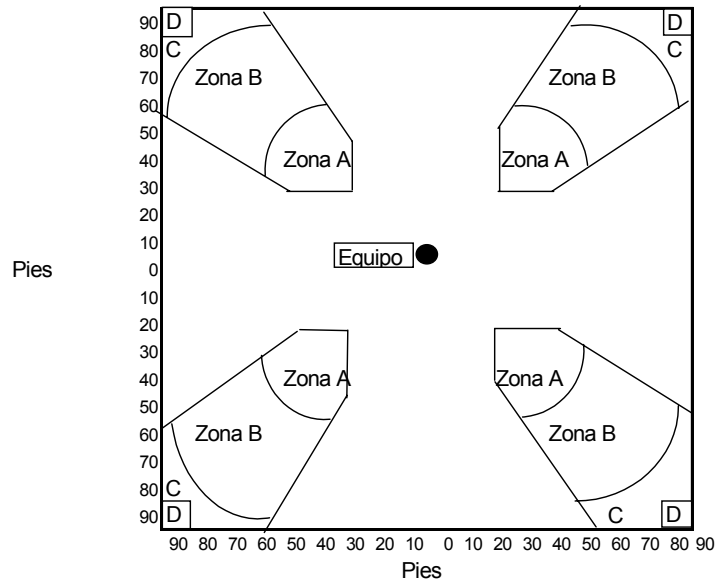
Para el desmontaje del equipo se tienen en cuenta las mismas consideraciones.

Procedimiento de construcción y prueba de anclajes

Las recomendaciones del fabricante del mástil son de aplicación prioritaria.

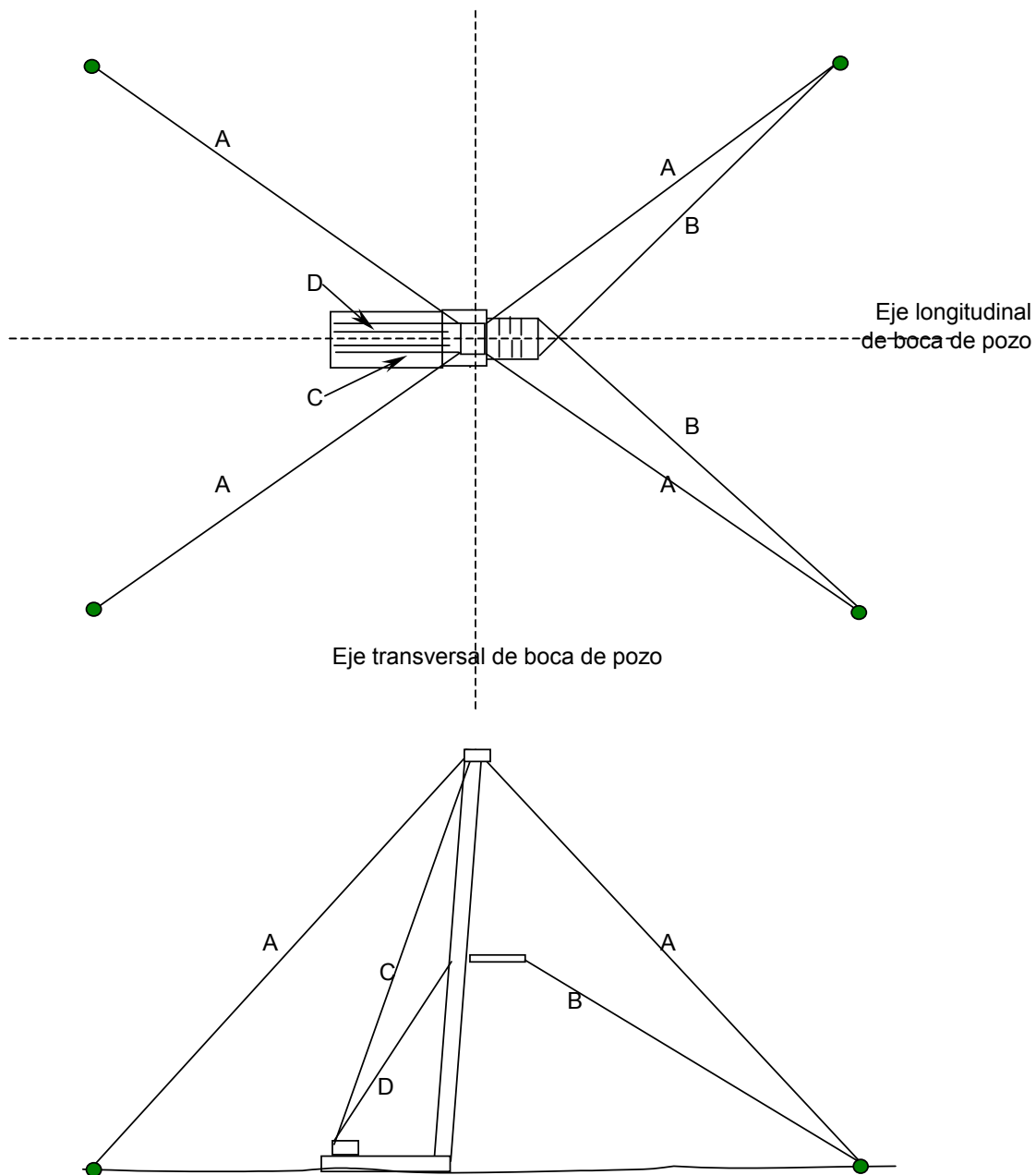
En ausencia de ellas se aplican las prácticas recomendadas por el API (RP 4G API)- para la ubicación y tensiones de prueba de los anclajes.

DISPOSICION DE ANCLAJES

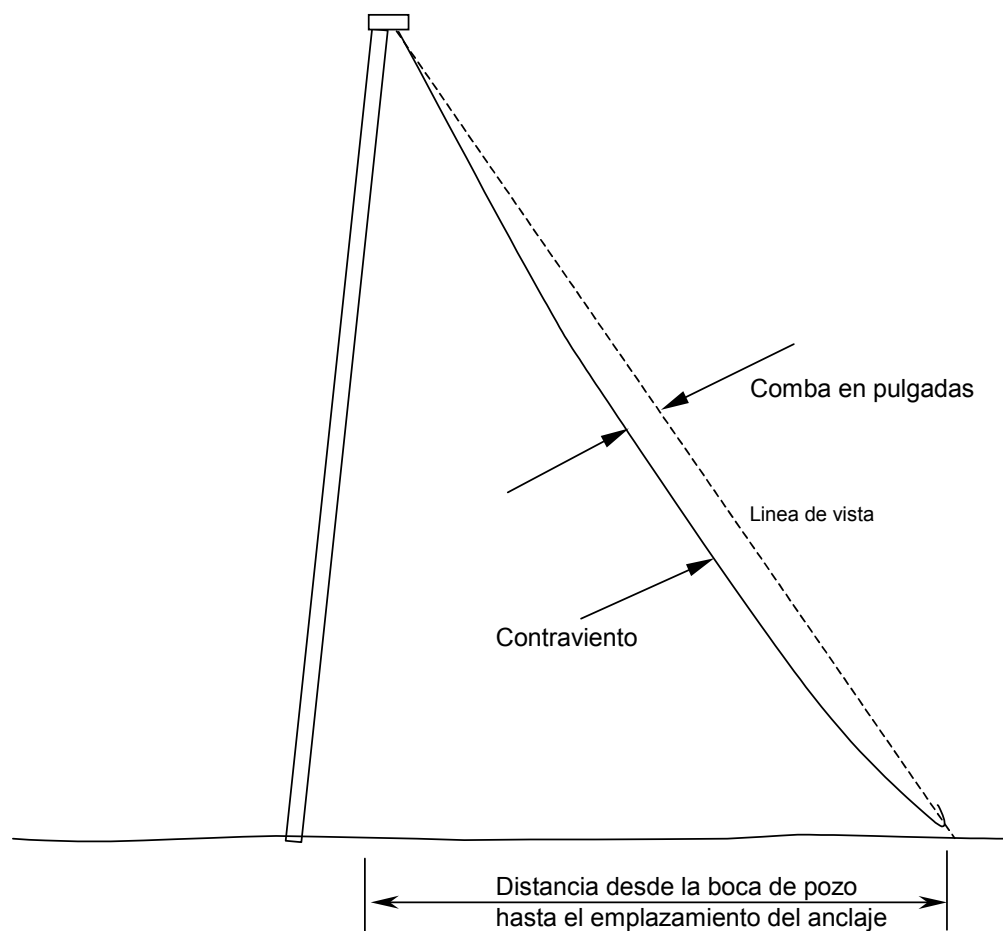


Capacidad de anclajes (en Toneladas)		
Zona	Mástil doble	Mástil simple
A	15,6	7,0
B	11,5	5,0
C	9,0	5,0
D	7,4	5,0

Disposición de anclajes y tensiones recomendadas



Contraviento	Ø de cable recomendado	Tensión recomendada
A	5/8 "	1000 libras
B	9/16"	500 libras
C	7/8"	1500 libras
D	5/8"	1000 libras

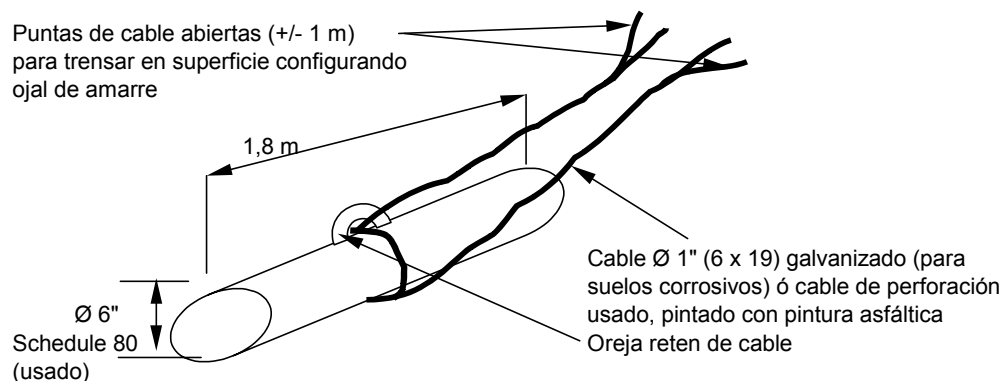


Comba (en cm) para contravientos A y B				
Distancia pozo-ancla (mts)	Mástil simple		Mástil doble	
	Contraviento de Piso de enganche	Contraviento de Corona	Contraviento de Piso de enganche	Contraviento de Corona
12	10	10	15	13
18	20	15	30	20
24	38	25	43	28
30	56	36	66	38
37	81	46	81	53

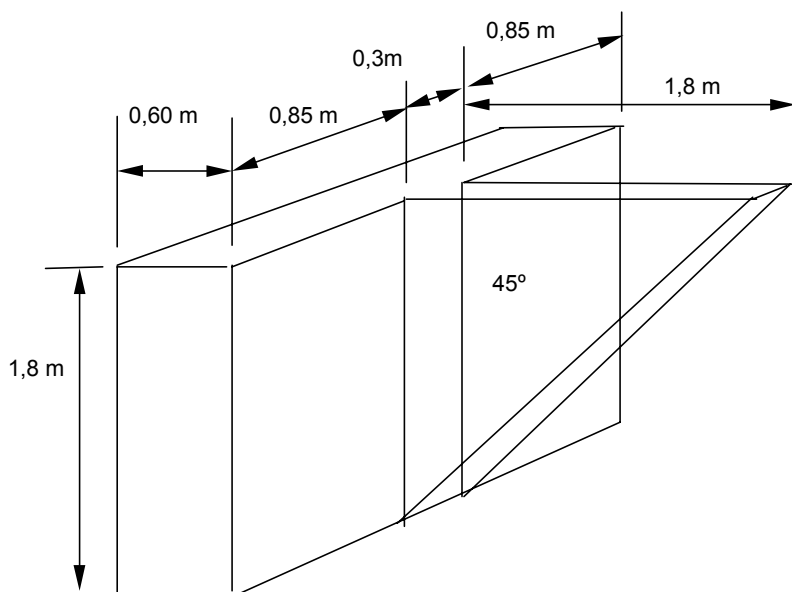
Las combas mostradas en la tabla anterior corresponden a tensiones de 1000 libras para los contravientos de la corona y 500 libras para los contravientos del piso de enganche.

Detalles constructivos:

Anclaje



Fosa de anclaje



Cuando los anclajes se ubiquen en las zonas A o B, laderas de cerros, zonas de escorrentia de agua, mallines o arenales la fosa se cementará teniendo en cuenta que el caño de anclaje quede en la parte posterior de la misma para que el hormigón forme una pared de resistencia.

Cuando el cemento haya alcanzado el 80 % de la resistencia se realizará la prueba de tiro.

La fosa se puede hacer con máquina retroexcavadora o a mano, respetando la verticalidad del tramo más ancho y los 45° del tramo inclinado.

El testeo, válido por dos años, se realiza con un dispositivo hidráulico, quedando el registro gráfico de cada uno de ellos, identificados con el nombre de la locación y los puntos cardinales, la fecha de realización y la firma del operador.

Aquellos anclajes que superan la prueba de tiro se pintan con color verde. Los restantes con rojo.



Dispositivo de prueba de tiro para anclajes

Política de bloqueos y etiquetas

En todos los trabajos sobre maquinas, equipos e instalaciones accionados por energía eléctrica, neumática o mecánica, que necesiten mantenimiento preventivo o correctivo, es obligatorio la aplicación de bloqueos y avisos.

El aislamiento, la colocación de bloqueo y avisos son realizados solo por empleados entrenados y autorizados para realizar el trabajo o servicio sobre la instalación.

Los bloqueos y avisos son colocados y retirados de acuerdo a un procedimiento que asegura su efectividad.

El solo hecho de que un equipo o dispositivo tenga colocado una tarjeta de aviso en su dispositivo de arranque inhabilita cualquier acción sobre el mismo.

Permisos de trabajo y ATS (Análisis de Trabajo Seguro):

Un modo de controlar fehacientemente los trabajos en caliente en el ámbito de las locaciones, se implementó el “Permiso de trabajos en Caliente”. El mismo debe ser confeccionado por el sector demandante y aprobado por el Supervisor del equipo. De éste modo el Supervisor puntualiza específicamente aquellos aspectos sobre los cuales se debe prestar máxima atención.

Ejemplos típicos son:

- No soldar ni calentar ninguna parte estructural del equipo, ya sea torre, subestructura o chasis del equipo sin la dirección de un especialista.
- No efectuar trabajos de soldadura o corte cerca del cable de aparejo ó cualquiera otro destinado a elevar cargas.
- No efectuar trabajos en caliente en zonas próximas a las de almacenamiento de combustibles u otras sustancias inflamables.
- Los trabajos en caliente deben realizarse en ambientes bien ventilados y en ausencia de atmósfera explosiva.

Paralelamente, se implementó el documento llamado ATS (Análisis de Trabajo Seguro). Consiste en la confección de un análisis de las tareas específicas, realizada por los operarios que la ejecutan. Una vez desarrollado, el supervisor debe verificar su contenido y el encargado de seguridad debe aprobarlo.

La tarea principal se divide en subtareas y a cada una de ellas se analizan los riesgos asociados, se estudian las medidas más adecuadas para eliminarlos o acotarlos y se determina la existencia de riesgos residuales.

Esta herramienta debe ser conocida y entendida por todos los miembros de la cuadrilla que realizará el trabajo.

No es necesario confeccionar un ATS cada vez que se realiza la misma tarea. Alcanza con repasarla antes de emprenderla. Es modificable y constituye un “Procedimiento” informal.

Cursos específicos

Como parte del entrenamiento de los supervisores se realizaron dos cursos prácticos impartidos por profesionales extranjeros altamente calificados.

El primero de ellos consistió en el reconocimiento de todos los sitios susceptibles de deterioro crítico en la torre, chasis, subestructura, apoyos, caballete de giro, caballete de apoyo, sistema de frenos, cables, etc. Se resaltaron los procedimientos críticos de montaje y desmontaje de equipo, pautas de transporte, prácticas recomendadas, etc.

En el segundo curso se mostró el procedimiento práctico de evaluación del estado de las torres, subestructura, chasis, etc, estableciéndose las prácticas aceptadas en el mundo respecto a las tolerancias admisibles en la comba de los largueros, luz entre tramos, apertura de laterales, reparación de elementos estructurales, recambio de los mismos, materiales, procedimientos prácticos de soldadura, entre otros temas.

Auditorias

Las visitas a los lugares de trabajo para detectar las fortalezas y debilidades en las operaciones desde el punto de vista de la seguridad, son parte importante del esfuerzo que realiza la compañía para mejorar su performance.

Fundamentalmente apuntan a detectar y corregir actitudes no pro activas en las personas y por ello no es importante realizarlas por sorpresa.

Se han establecido dos tipos de auditorías:

- De Línea
- Mayores

Las Auditorías de Línea son realizadas por los supervisores y en ellas se busca detectar fallas, errores y ausencias en el conocimiento de procedimientos operacionales, de emergencias, capacitación, ubicación de manuales, registros, permisos de trabajo, seguimiento de las fallas halladas, estado de los equipos y herramientas, calibraciones, prioridades de seguridad, etc.

Las Auditorías Mayores son realizadas por el personal de Sede y forman parte de un programa.

Básicamente se trata de complementar las Auditorías de Línea con observaciones del personal que no está involucrado diariamente con la operación en el campo.

Son de aplicación sobre supervisores, operarios y equipos y se sustentan en la misma técnica que la anterior, buscando saber que ocurre en los casos en que son reportados actos o condiciones inseguras, que acciones se toman, como se tratan esos temas y que retroalimentación existe. Qué entrenamiento se imparte al personal con experiencia, nuevo, visitante, transferido o contratista. Como se evalúa el conocimiento y acatamiento de las normas de seguridad, entre otros aspectos.

Un correcto manejo del sistema de auditorías evidencia la fortaleza del compromiso de cada uno de los integrantes de línea y staff de la compañía con la seguridad, salud y medio ambiente y constituye el complemento ideal para cerrar el círculo virtuoso del aprendizaje continuo en el cambiante mundo del trabajo.