

Universidad Nacional de Ingeniería

Programa Académico de Ingeniería de Petróleo y Petroquímica



«Momentos de Torsión necesarios en las Uniones de la Columna Rotativa y Selección de Conectores para Lastrabarrenas»

Tesis para optar el Grado de
BACHILLER EN INGENIERIA DE PETROLEO

Ricarte Alberto Dávila García

LIMA - PERU

1975

"MOMENTOS DE TORSION NECESARIOS
EN LAS UNIONES DE LA COLUMNA
ROTATIVA Y SELECCION DE
CONECTORES PARA LASTRABARRENAS"

Tesis para optar el Grado de
Bachiller en Ingeniería de
Petróleo, presentada por:

RICARTE ALBERTO DAVILA GARCIA

Junio, 1975

LIMA - PERU

"A MIS PADRES, ALBERTO Y ROSA,
A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE
INGENIERIA Y A PETROLEOS DEL
PERU"

"MOMENTOS DE TORSION NECESARIOS EN LAS UNIONES DE
LA COLUMNA ROTATIVA Y SELECCION DE CONECTORES PARA
LASTRABARRENAS"

C O N T E N I D O

	<u>Página</u>
1.- Introducción	1
2.- Análisis de tensión en las uniones	
2.1 Daños en las uniones y causas	2
2.2 Análisis experimental de tensión en las uniones	5
a- Procedimiento	6
b- Definiciones	7
c- Interpretación de resultados	8
3.- Demostración matemática del Momento de Torsión en conexiones reforzadas	13
3.1 Momento de torsión teórico para el desarrollo completo de la Resistencia a la flexión en conexiones	17
4.- Momentos de torsión recomendados para ajustar conexiones	22
4.1 Ejemplo de cálculo	23
Tabla 4.1 Factores de corrección	26
Tabla 4.2 Norma 7 - API	

//...

Página

5.- Selección de conectores para Lastrabarrenas	28
5.1 Ejemplo de selección	29
Cartas de selección de co- nectores para Lastrabarrenas	31
6.- Conclusiones	34
APENDICE - Tabla de Momentos de torsión recomendados para ajustar conexiones.	

NOMENCLATURA

BIBLIOGRAFIA

1.- INTRODUCCION

Con el creciente uso de altas fuerzas de tensión en la tubería de perforar, las conexiones usadas para unir grandes longitudes de éstas han sido cada vez más críticas.

Los problemas más comunes que se presentan en la tubería son debido a fallas en las uniones; tales como hilos pulidos, refuerzos raspados, pines rotos, etc. La principal causa de estos problemas, tal como se analiza en el capítulo 2, son los inadecuados momentos de torsión usados en el ajuste de las uniones. Anteriormente se seguía el criterio, de enrollar en el macero tantas pulgadas como pulgadas medía la conexión, con lo cual se tenían excesivos problemas de operación y por ende mayores inversiones.

El objeto de este trabajo es demostrar cómo se puede usar una combinación teórica y una aproximación empírica, para determinar el momento de torsión necesarios en conexiones reforzadas. En los capítulos 2 y 3 se dan las bases teóricas y en las siguientes las recomendaciones prácticas basadas en operaciones de campo.

2.- ANALISIS DE TENSION EN LAS UNIONES

2.1 Daños en las Uniones y Causas :

Todo miembro de la columna - tubería de perforar - que esté doblado, sufre un esfuerzo de tensión en la parte externa y de compresión en la interna.

Al dar media vuelta al tubo, las fibras que estaban tensas quedan comprimidas y viceversa.

Si cualquier miembro de una sarta tiene una grieta superficial, esta tratará de aumentar cada vez que pase al lado de tensión. Este aumento gradual y continuo de grietas en la superficie de los tubos es conocida como fatiga del metal.

Las fallas por fatiga ocurren primero en la base de la caja y luego en otros puntos. La fig. 2.1 muestra lo que ocurre cuando no se ha ajustado debidamente la junta. En la unión, el tubo superior - fig. 2.1b- se dobla hacia la izquierda, el reborde de la derecha se abre y el de la izquierda recibe compresión adicional. Cuando el tubo da media vuelta, la sección que antes estaba comprimida pasa a estar tensa; y a la inversa, el lado que estaba en

//...

tensión queda en compresión.

Ese movimiento de vaivén nos indica que estamos trabajando con una junta floja. El pin* se reseca y la sección alrededor del reborde asume un color gris opaco, lo que prueba que el fluido ha estado entrando y saliendo por los rebordes.

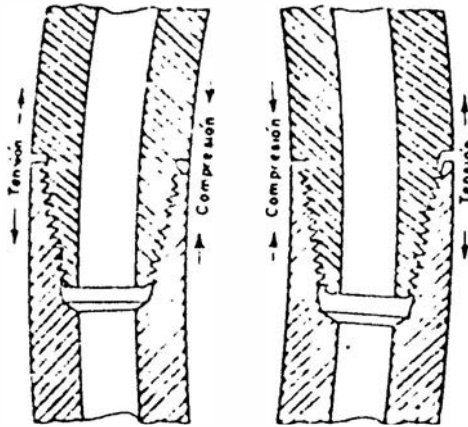


Fig. 21 ENROSCUE INEFICIENTE

Cuando se experimentan dificultades de desenroscado, la razón básica del contratiempo es la de no haber apretado la rosca lo suficiente antes de bajar la junta al hueco. El roscao ineficiente permite el deslave del lubricante, el que es reemplazado por el lodo - lubricante pobre en extremo.

* ... extremo de la espiga -rosca macho- que en lo sucesivo se sigue empleando por ser un término común.

//...

Cuando las juntas se enroscan y lubrican debidamente, el coeficiente de fricción es de 0.06 a 0.08. Si el lubricante es arrastrado por el flujo de perforación el coeficiente sube a 0.2 o 0.3, suficiente para prever un contacto sucio de metal a metal; esto explica porqué es tan difícil soltar juntas que no se han enroscado debidamente.



Fig. 2.2 HILOS ROTOS

Todas las dificultades de desenrosque son de ese tipo, excepto cuando se usan tubos muy grandes o por cualquier otra circunstancia la sarta de perforación se somete a torsión extrema, en tales casos, las juntas reciben enrosque adicional en el hueco.



Fig. 2.3 DERRUMBE DE HILOS

//...

2.2 Análisis Experimental de Tensión en las Uniones :

Como se indicó en la sección 2.1 "las uniones con momentos de torsión inadecuados son objeto de tempranas fallas"; por eso, el establecimiento de la relación entre un adecuado momento de torsión y el momento de flexión permisible requerían pruebas de ingeniería para correlacionar mejor los resultados.

El problema de calcular el esfuerzo en uniones debido a un momento de flexión era complicado por:

- desconocimiento de la distribución de esfuerzos
- aplicabilidad de la fórmula:

$$s = \frac{MC}{I}$$

- y la cuestión de si usar la sección combinada del pin y caja en el cálculo del momento de inercia I.

$$I_x = I_y = \frac{\pi}{64} (D_o^4 - D_i^4)$$

El equipo de prueba empleado es semejante al mostrado en la fig. 2.4, pero con mayor número de manómetros y distribuídos tal como se muestra en la figura 2.5

//...

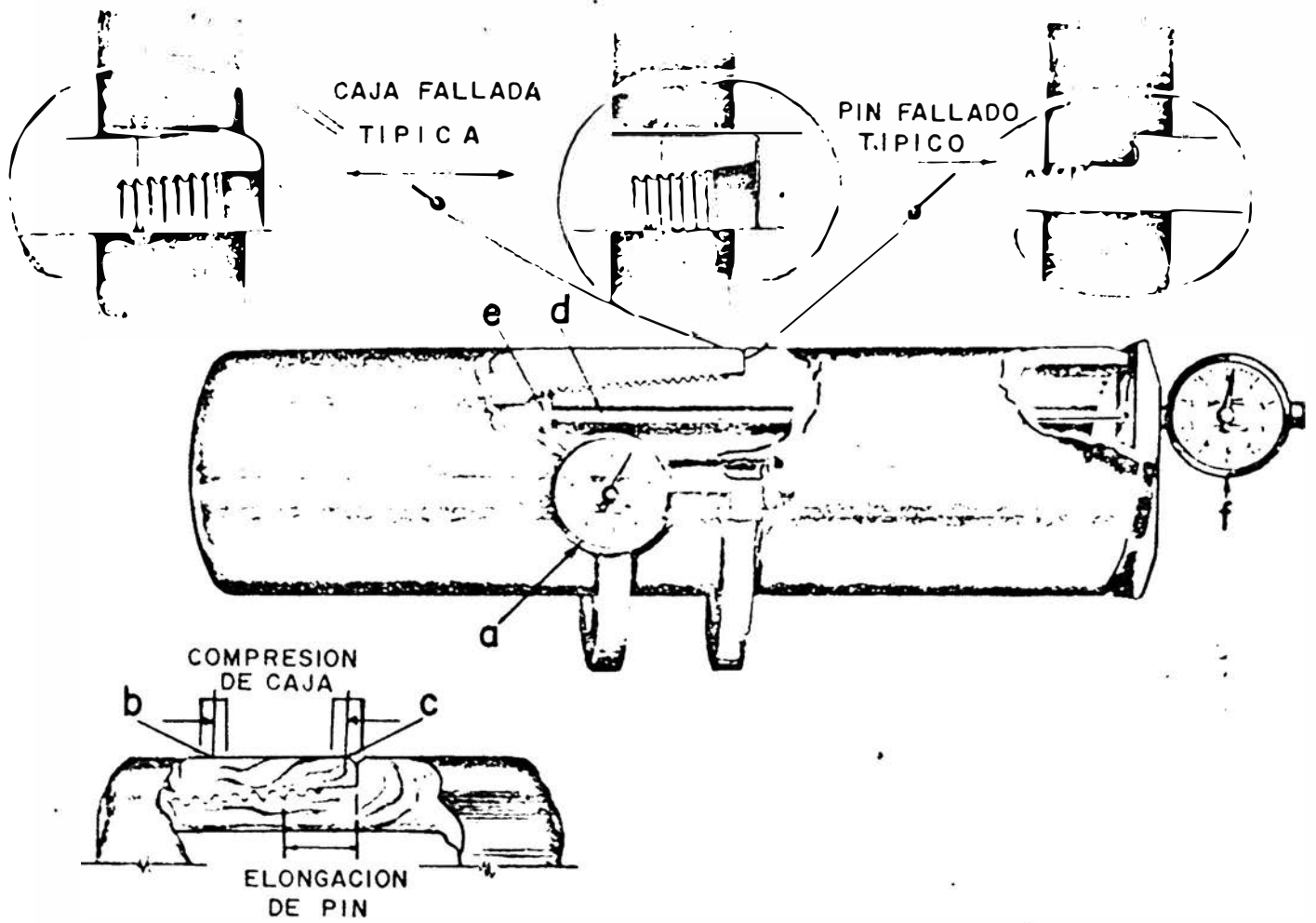


Fig. 2.4 EQUIPO PARA PRUEBAS DE FATIGA

a.- Procedimiento.-

Un lubricante, compuesto de grasa con 60% de Zn como base, fue aplicado arbitrariamente en los hilos y espaldas del pin y caja. El pin fue ajustado en la caja y se tomaron lecturas cero en todos los manómetros.

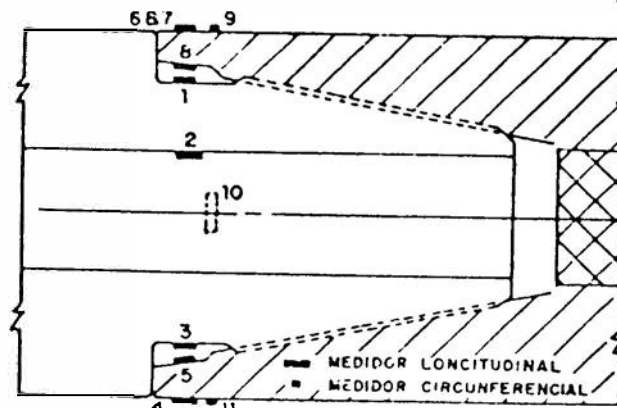


Fig. 2.5 DISPOSICION DE MANOMETROS EN EL EQUIPO DE PRUEBA

La unión fue entonces ajustada con un momento de torsión constante. Nuevas lecturas fueron tomadas observándose diferencias sólo debido al momento de torsión. La unión fue rotada para registrar el máximo y mínimo esfuerzo debido al momento de flexión. Para otra posición, lecturas de sucesivas cargas

//...

de flexión fueron registradas. El procedimiento se repitió a incrementos de carga y mayores momentos de torsión sucesivamente.

b.- Definiciones:

La determinación de momentos de torsión para varias cargas han sido hechas,

- asumiendo que el esfuerzo debido a la flexión sigue la fórmula:

$$S = \frac{Mc}{I} \dots\dots\dots 2.1$$

- el momento de torsión calculado por

$$T = SA \left(\frac{P}{2\pi} + \frac{Rt f}{\cos \theta} + R_s f \right) \dots 2.2$$

la que se demuestra en el capítulo 3.

- el esfuerzo por tensión (fatiga) se asume lineal y de acuerdo a

$$S_1 = \frac{E}{1 - u^2} (E_1 + uE_2) \dots\dots 2.3$$

$$S_2 = \frac{E}{1 - u^2} (E_2 + uE_1) \dots\dots 2.4$$

Para verificar los resultados de este análisis, se encontró que una fase anticipada ocurría durante la flexión. Había una fase de flexión en que el re-

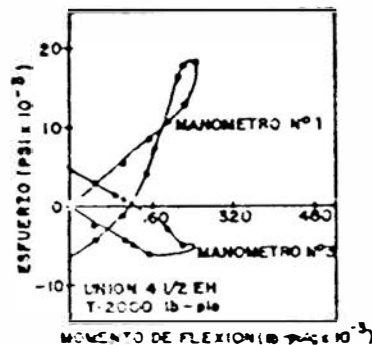
//...

fuerzo del pin y caja no tenían una separación perceptible; sin embargo, el esfuerzo en el pin y caja debido a la flexión no era lineal. Por eso se piensa actualmente que una unión tiene 3 zonas o fases durante la flexión.

- conjunto sólido de flexión
- zona de pérdida de rendimiento
- separación del refuerzo.

c.- Interpretación de Resultados:

La fig. 2.6 presenta la curva Momento de Flexión (M) vs. Esfuerzo (S) en una unión 4 1/2" E.H. El refuerzo del pin y caja se separaron a un momento de flexión relativamente bajo por el uso de T = 2000 lb-pie. El esfuerzo en el lado de tensión del pin aumenta linealmente hasta 160,000 lb-pulg. Sobre este momento, el esfuerzo por tensión no es lineal, mientras que el lado de compresión del pin continuaba constante.



//...

FIG 2.6 MOMENTO DE FLEXION vs ESFUERZO

La fig. 2.7 es un gráfico más completo, la tensión en el pin aumenta linealmente mientras que el esfuerzo en la caja es más o menos constante y el momento de flexión se aproxima a 280,000 lb.-pulg. Luego de este punto, el esfuerzo en el pin aumenta en forma no lineal, mientras la tensión en la caja es constante y luego decrece. Esto es mantenido para variar la transferencia (momento de flexión) del contacto del refuerzo a las secciones del hilo; el reverso de la unión presenta el efecto opuesto.

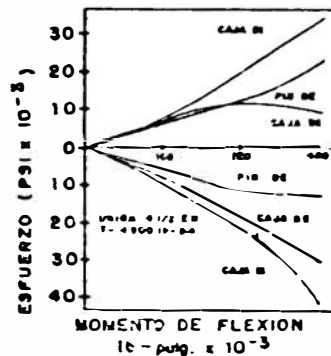


Fig. 2.7 MOMENTO DE FLEXION vs. ESFUERZO

El lado de compresión del pin rehúsa llevar altos esfuerzos tal, que esfuerzos adicionales entran al lado de compresión de la caja. Esta zona de pérdida de rendimiento ocurre antes que la separación del refuerzo pin-caja sea apreciable. También de

//...

comparar las figs. 2.6 y 2.7, el esfuerzo por flexión es menor a mayores momentos de torsión. La fig. 2.8 muestra que la distribución de los esfuerzos a través de las estrías resaltan los esfuerzos del pin y el ensanche del hueco de la caja, los cuales pueden ser bastante complejos.

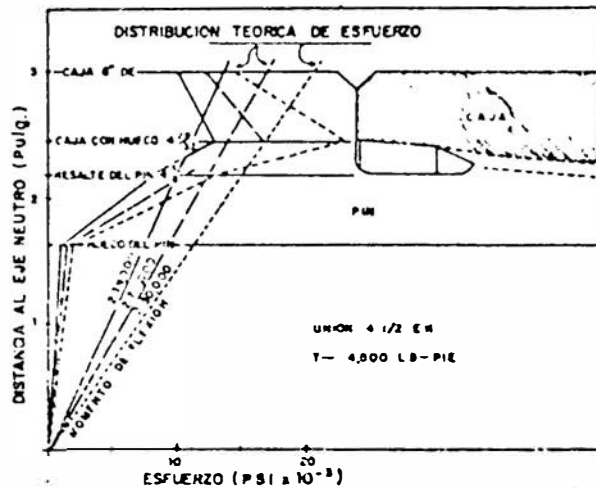


Fig 2.9 DISTRIBUCION DE ESFUERZOS

De comparar el esfuerzo medido en la superficie del pin y caja a los esfuerzos teóricos, se deduce que el esfuerzo por flexión en la sección interior es mayor que el esfuerzo en superficie. Otros estudios fueron hechos para predecir el punto inicial de pérdida de rendimiento en relación con el momento de torsión y esfuerzos. La correlación final se presenta en la fig. 2.9

//...

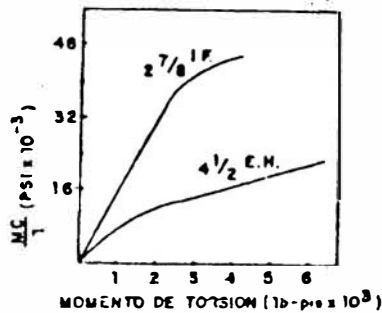


Fig. 2.9 MOMENTO DE TORSION vs ESFUERZO

Una relación lineal se observa en los rangos menores de momento de torsión. También en la fig. 2.6 el esfuerzo vs. momento de flexión es una recta hasta que ocurre pérdida de rendimiento; luego de este punto el esfuerzo por flexión (S) puede ser calculada de la ec. 1 modificada:

$$S = \frac{Mkc}{I}$$

donde K es un factor de concentración de esfuerzo debido a la geometría de la unión. Los valores de K se presentan en la tabla 2.1, cada valor fue tomado de un promedio de varias lecturas a diferentes momentos de torsión y se cree sean aplicables a otras uniones.

En resumen, las zonas de transición ocurren al mismo tiempo en que la fricción entre el pin y caja debido al momento de torsión de ajuste, es

//...

insuficiente para permitir cargas por flexión, no siendo aún perceptible la separación del refuerzo.

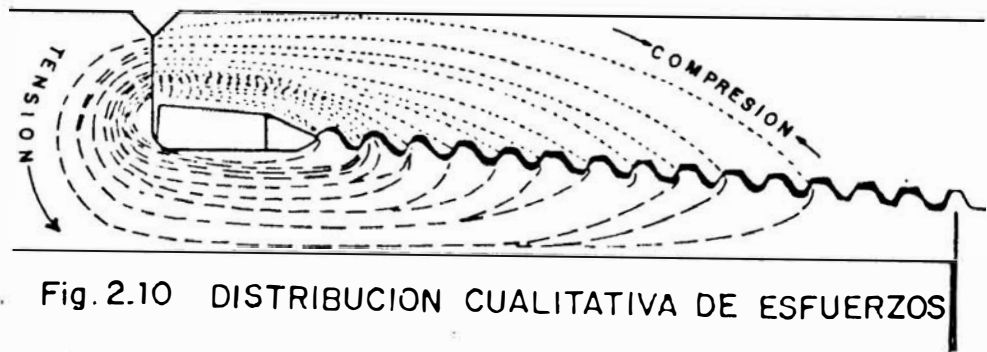


Fig. 2.10 DISTRIBUCION CUALITATIVA DE ESFUERZOS

TABLA 2.1

Unión	Pin (OD)	Caja (ID)	Caja (OD)
4 1/2 E.H.	1.01	1.35	.90
2 1/8 I.F.	.93	1.13	.78
Promedio	.97	1.24	.84

3.- DEMOSTRACION MATEMATICA DEL MOMENTO DE TORSION EN CONEXIONES REFORZADAS

La fuerza axial y de fricción que actúan en una junta se presentan en la fig.3.1; por descomposición de tales fuerzas en el espacio, fig. 3.2, tenemos:

$$\begin{aligned}
 F_y &= F_a \\
 &= F_n \cos \phi - f F_n \sin \alpha \\
 &= F_n (\cos \phi - f \sin \alpha) \\
 F_n &= \frac{F_a}{\cos \phi - f \sin \alpha}
 \end{aligned}$$

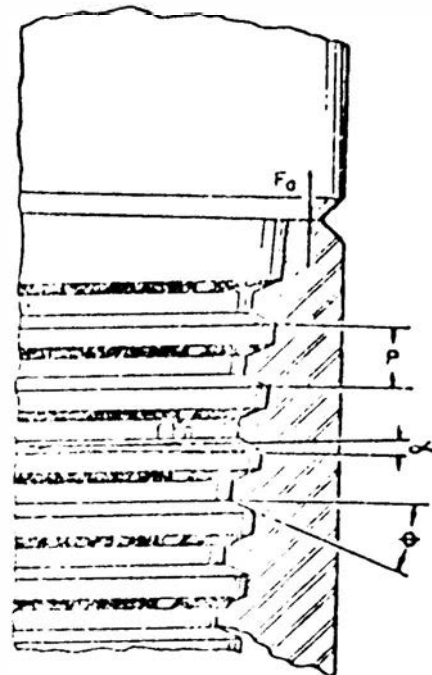


Fig 3.1 FUERZAS EN LA UNION

Cuando se aplica un momento de torsión T, hace p pulgadas de una revolución. Luego, si se incrementa T en una pequeña cantidad, tal que la fuerza axial sea considerada constante, el trabajo hecho está dado por:

$$\begin{aligned}
 &\text{trabajo útil} \\
 W_a &= F_a \Delta p \quad \dots\dots\dots 3.1
 \end{aligned}$$

//...

trabajo de fricción sobre la rosca

$$W_f = \frac{f F_n}{\text{sen } \alpha} \Delta p$$

$$W_f = \frac{f F_a \Delta p}{\text{sen } \alpha (\cos \phi - f \text{sen } \alpha)} \dots 3.2$$

trabajo de fricción sobre el refuerzo

$$W_s = f F_a (2\pi R_s \frac{\Delta p}{p}) \dots\dots 3.3$$

trabajo total

$$W = 2\pi T (\frac{\Delta p}{p}) \dots\dots 3.4$$

También el trabajo total es igual a la suma de los parciales,

$$W = W_a + W_f + W_s \dots\dots 3.5$$

reemplazando en esta última todas las anteriores,

tenemos:

$$2\pi T \frac{\Delta p}{p} = F_a \Delta p + \frac{f F_a \Delta p}{\text{sen } \alpha (\cos \phi - f \text{sen } \alpha)} + f F_a 2\pi R_s \frac{\Delta p}{p}$$

$$T = \frac{F_a p}{2\pi} + \frac{f F_a \Delta p}{2\pi \text{sen } \alpha (\cos \phi - f \text{sen } \alpha)} + R_s f F_a \dots 3.6$$

de la fig. 3.3

$$\text{tg } \alpha = \frac{p}{2\pi R_t} \quad // \dots$$

$$\frac{p}{2\pi} = R_t \operatorname{tg} \alpha$$

en la ec. 3.6

$$T = \frac{F_a p}{2\pi} + \frac{F_a R_t f}{\cos \alpha (\cos \phi - f \operatorname{sen} \alpha)} + R_s f F_a \dots \quad 3.7$$

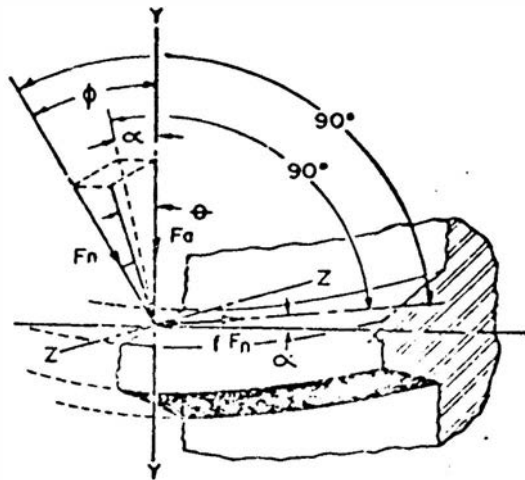


Fig 3.2 DESCOMPOSICION DE FUERZAS

de la pirámide cuadrangular de la fig. 3.4 se pueden establecer las siguientes relaciones:

$$\begin{aligned} \cos \frac{\phi}{2} &= \frac{h}{a} \\ &= \frac{\sqrt{a^2 - z^2}}{a} \quad \dots \quad 3.a \end{aligned}$$

$$z^2 = x^2 + y^2 \quad \dots \quad 3.b$$

$$x = a \operatorname{sen} \alpha/2 \quad \dots \quad 3.c$$

$$y = a \operatorname{sen} \theta/2 \quad \dots \quad 3.d$$

//...

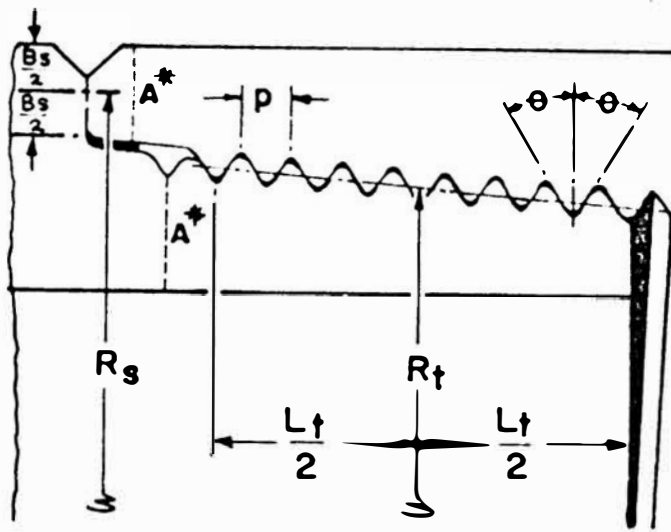


Fig. 3.3 MEDIDAS EN UNA CONEXION

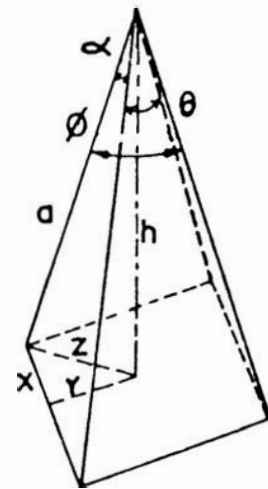


Fig.3.4 RELACION DE ANGULOS

ecuaciones 3.c, 3.d en 3.b

$$z^2 = a^2 \text{sen}^2 \alpha/2 + a^2 \text{sen}^2 \theta/2$$

reemplazando en 3.a

$$\cos \phi/2 = \frac{\sqrt{a^2 - (a^2 \text{sen}^2 \alpha/2 + a^2 \text{sen}^2 \theta/2)}}{a}$$

$$\cos \phi/2 = \sqrt{1 - \text{sen}^2 \alpha/2 - \text{sen}^2 \theta/2}$$

de las relaciones,

//...

$$\text{sen } \alpha/2 = \sqrt{\frac{1 - \cos \alpha}{2}}$$

$$\text{cos } \phi/2 = \sqrt{\frac{1 + \cos \phi}{2}}$$

tenemos,

$$\sqrt{\frac{1 + \cos \phi}{2}} = \sqrt{1 - \frac{1 - \cos \alpha}{2} - \frac{1 - \cos \theta}{2}}$$

simplificando:

$$\cos \phi = \cos \alpha + \cos \theta - 1$$

reemplazando en el denominador del segundo término de la ec. 3.7 y siendo α muy pequeño,

$$\cos \alpha \left[(\cos \alpha + \cos \theta - 1) - f \text{ sen } \alpha \right] = \cos \theta$$

además,

$$F_a = S_A$$

el momento de torsión T es,

$$T = S_A \left(\frac{P}{2\pi} + \frac{R_t f}{\cos \theta} + R_s f \right) \quad 3.8$$

3.1 Momento de Torsión Teórico para el Desarrollo completo de la Resistencia a la flexión en Conexiones.-

//...

En una conexión en la cual el hombro de la caja está deformada, se obtiene únicamente ajuste en los hilos del pin, dando lugar a una menor resistencia a la flexión.

Experiencias de laboratorio y campo han demostrado que las fallas por fatiga ocurren con más frecuencia en conexiones holgadas que en conexiones con un ajuste conveniente.

La resistencia media límite de esfuerzo para un pin no reforzado ha sido establecida en 13,000 psi., hecha de materiales de dureza normal 285 - 321 BHN. De esta información y conociendo la última resistencia de materiales para conexiones, un diagrama modificado de Goodman puede ser construido de los siguientes interceptos.

$$\begin{array}{ll} \text{para } S_r = 13,000 \text{ psi} & S_{cr} = 0 \\ \text{y } S_r = 0 & S_{cr} = 160,000 \text{ psi} \end{array}$$

siendo,

S_r - tensión invertida (repetida)

$S_r = S_{\text{máx.}}$

S_{cr} - tensión por reajuste.

//...

la ec. de esta recta es,

$$\frac{S_r}{13,000} + \frac{S_{cr}}{160,000} = 1 \quad \dots \quad 3.9$$

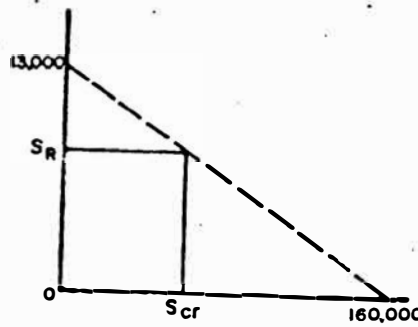


Fig. 3.5 DIAGRAMA DE GOODMAN

Para un reajuste en la conexión reforzada se cumple:
 "La relación de esfuerzo en la caja a tensión en la sección del pin, es proporcional a las áreas del pin y caja respectivamente".

$$\frac{S_b}{S_{cr}} = \frac{A_p}{A_b}$$

$$S_b = \frac{A_p}{A_b} S_{cr} \quad \dots \quad 3e$$

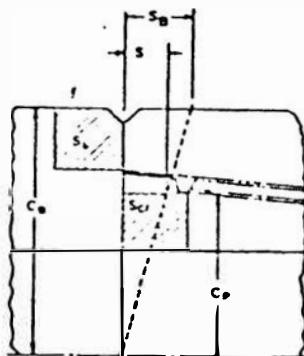


Fig. 3.6 RELACIONES EN UNA CONEXIÓN

//...

Para un rendimiento completo del refuerzo debido al reajuste, las superficies no deben separarse cuando la conexión es sometida a flexión. Por consiguiente, si el esfuerzo inducido en el hombro de la caja se reduce a cero, se puede establecer una relación directa al esfuerzo máximo que se opone, radio exterior de la caja y radio del pin a 3/4" del inicio de hilos.

$$\frac{S_b}{S_r} = \frac{C_b}{C_p}$$

$$S_b = S_r \frac{C_b}{C_p}$$

la ec. 3.f en 3.e

$$S_r \frac{C_b}{C_p} = S_{cr} \frac{A_p}{A_b}$$

$$S_r = S_{cr} \frac{A_p}{A_b} \times \frac{C_p}{C_b}$$

haciendo,

$$R_a = \frac{A_p}{A_b}$$

$$R_c = \frac{C_p}{C_b}$$

la tensión invertida (repetida) es:

$$S_r = S_{cr} R_a R_c$$

//...

que reemplazando en la ec. 3.9

$$\frac{S_{cr} R_a R_c}{13,000} + \frac{S_{cr}}{160,000} = 1$$

y resolviendo:

$$S_{cr} = \frac{2.08 \times 10^6}{160 R_a R_c + 13} \quad \dots \quad 3.10$$

La ec. 3.10 es usada para determinar la tensión crítica en el pin. Este valor de la tensión o compresión inducida en la caja se reemplaza en la ec. 3.8 para determinar el momento de torsión mínimo.

4.- MOMENTOS DE TORSION RECOMENDADOS PARA AJUSTAR CONEXIONES

Los datos que se adjuntan sirven como una guía en las prácticas operacionales de campo, pues como es sabido, los momentos de torsión requeridos es función de otras variables como: limpieza, condiciones de hilos, condiciones del refuerzo, prácticas de operación y lubricación, etc. En la fig. 4.3 se muestra el gráfico Momento de torsión vs. Area (a través del pin o caja), obtenidas de las ecs. 3.8 y 3.10

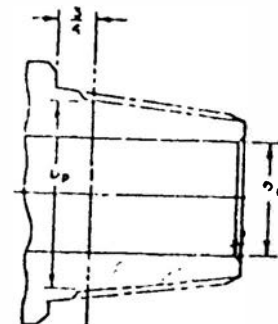


Fig 4.1 SECCION DEL PIN

Las áreas son conocidas o calculadas por las ecs. 4.1 ó 4.2 y la menor debe ser usada para leer el momento de torsión en el rango recomendado.

$$A_p = .785 (D_p^2 - D_1^2) \quad \dots \quad 4.1$$

$$D_p = D^* - c$$

$$A_b = .785 (D^2 - D_b^2) \quad \dots \quad 4.2$$

$$D_b = D^* c_b - E$$

//...

El área de la sección crítica de la caja es calculada a 3/8" del acabado del refuerzo; el diámetro del ensanche es menor que el diámetro que da la norma 7 del API. El diámetro de la sección crítica del pin no se presenta en la norma; por ello los valores de D_p y D^*_{cb} son corregidos por los factores C y E que se dan en la Tabla 4.1

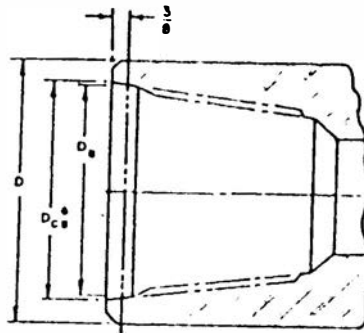


Fig. 4.2 SECCIÓN DE LA CAJA

La tabla 4.2 muestra la norma 7 del API, que nos será de importancia en el cálculo de áreas en la sección crítica. Las tablas 1 y 2 del apéndice presentan los momentos de torsión recomendados entre los tipos y tamaños de uniones más comunes, de acuerdo al rango práctico de la fig. 4.3

4.1 Ejemplo de Cálculo:

Determinar el intervalo de momento de torsión a aplicar en la conexión 4 1/2 F.H. Diámetro exterior 5 3/4" y diámetro interior 3".

Area del pin

$$D_p = D^* - C$$

$$= 4.532 - 0.164 = 4.368'' \quad //...$$

$$\begin{aligned} A_p &= .785 (D_p^2 - D_i^2) \\ &= .785 (4.368^2 - 3^2) \\ A_p &= 7.92 \text{ pulg}^2 \end{aligned}$$

Area de la caja

$$\begin{aligned} D_b &= D^*_{cb} - E \\ &= 4.875 - 0.093 = 4.782 \\ A_b &= .785 (D^2 - D_b^2) \\ &= .785 (5.750^2 - 4.782^2) \\ A_b &= 8.01 \text{ pulg}^2 \end{aligned}$$

Con el área menor $A_p = 7.92 \text{ pulg}^2$ entramos al gráfico fig. 4.3 y tenemos el rango deseado de momento de torsión.

$$T = 13,500 - 17,500 \text{ lb-pie}$$

//...

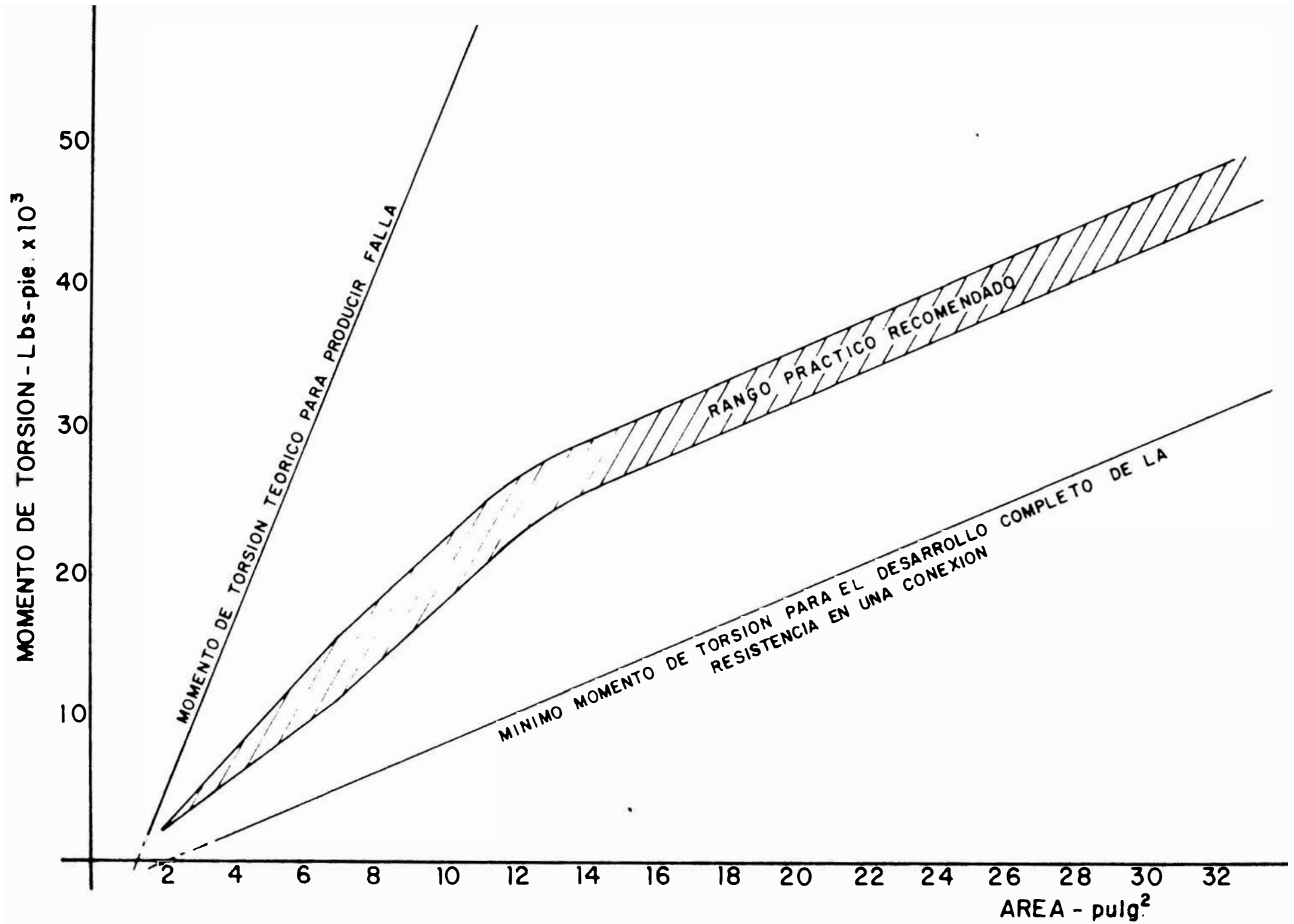


FIG. 4.3.- MOMENTO DE TORSION VS. AREA

Tabla 4.1 Factores de Corrección

Forma de hilos	<u>hilos</u> pulg.	<u>° inclin.</u> pie	C	E
H-90	3 1/2	2	.129	.062
H-90	3 1/2	3	.137	.093
V-.065	4	2	.140	.062
V-.050	4	2	.187	.062
V-.050	4	3	.197	.093
ACME	4	3 3/8	.182	.105
V-.040	5	3	.164	.093
V-.0319	6	2	.126	.062

//...

T A B L A 4.2.

ESPECIFICACIONES PARA CONEXIONES REFORZADAS.- NORMA 7 - API

TA MA	ÑO FORMA HILO	HILOS/pulg	^o INCLIN pie	D*	D1	Ds	Lpc	Lbc	Dcb*
NC									
NC 23	V-0.038R	4	2	2.35500	2.563	2.063	3	3 5/8	2 5/8
NC 26	V-0.038R	4	2	2.66800	2.876	2.376	3	3 5/8	2 15/16
NC 31	V-0.038R	4	2	3.18300	3.391	2.808	3 1/2	4 1/8	3 29/64
NC 35	V-0.038R	4	2	3.53100	3.739	3.114	3 3/4	4 3/8	3 13/16
NC 38	V-0.038R	4	2	3.80800	4.016	3.349	4	4 5/8	4 5/64
NC 40	V-0.038R	4	2	4.07200	4.280	3.530	4 1/2	5 1/8	4 11/32
NC 44	V-0.038R	4	2	4.41700	4.625	3.875	4 1/2	5 1/8	4 11/16
NC 46	V-0.038R	4	2	4.62600	4.834	4.084	4 1/2	5 1/8	4 29/32
NC 50	V-0.038R	4	2	5.04170	5.250	4.500	4 1/2	5 1/8	5 5/16
NC 56	V-0.038R	4	3	5.61600	5.876	4.626	5	5 5/8	5 15/16
NC 61	V-0.038R	4	3	6.17800	6.438	5.063	5 1/2	6 1/8	6 1/2
NC 70	V-0.038R	4	3	7.05300	7.313	5.813	6	6 5/8	7 3/8
NC 77	V-0.038R	4	3	7.74100	8.000	6.376	6 1/2	7 1/8	8 1/16
REGULAR (REG)									
2 3/8	REG V-0.040	5	3	2.36537	2.625	1.875	3	3 5/8	2 11/16
2 7/8	REG V-0.040	5	3	2.74037	3.000	2.125	3 1/2	4 1/8	3 1/16
3 1/2	REG V-0.040	5	3	3.23987	3.500	2.562	3 3/4	4 3/8	3 9/16
4 1/2	REG V-0.040	5	3	4.36487	4.625	3.562	4 1/4	4 7/8	4 11/16
5 1/2	REG V-0.050	4	3	5.23402	5.520	4.333	4 3/4	5 3/8	5 37/64
6 5/8	REG V-0.050	4	2	5.75780	5.992	5.159	5	5 5/8	6 1/16
7 5/8	REG V-0.050	4	3	6.71453	7.000	5.688	5 1/4	5 7/8	7 2/32
8 5/8	REG V-0.050	4	3	7.66658	7.952	6.608	5 3/8	6	8 3/64
HUECO LLENO (FH)									
3 1/2	FH V-0.040	5	3	3.73400	3.994	3.056	3 3/4	4 3/8	4 3/64
4	FH V-0.065	4	2	4.07200	4.280	3.530	4 1/2	5 1/8	4 11/32
4 1/2	FH V-0.040	5	3	4.53200	4.792	3.792	4	4 5/8	4 7/8
5 1/2	FH V-0.050	4	2	5.59100	5.825	4.992	5	5 5/8	5 29/32
6 5/8	FH V-0.050	4	2	6.51960	6.753	5.920	5	5 5/8	6 27/32
I F									
2 3/8	IF V-0.065	4	2	2.66800	2.876	2.376	3	3 5/8	2 15/16
2 7/8	IF V-0.065	4	2	3.18300	3.391	2.808	3 1/2	4 1/8	3 29/64
3 1/2	IF V-0.065	4	2	3.80800	4.016	3.349	4	4 5/8	4 5/64
4	IF V-0.065	4	2	4.62600	4.834	4.084	4 1/2	5 1/8	4 29/32
4 1/2	IF V-0.065	4	2	5.04170	5.250	4.500	4 1/2	5 1/8	5 5/16
5 1/2	IF V-0.065	4	2	6.18900	6.397	5.564	5	5 5/8	6 29/64

5.- SELECCION DE CONECTORES PARA LASTRABARRENAS

Un problema corriente que se presenta en las operaciones de perforación es determinar las especificaciones de conectores cuando collares rotos están siendo retrabajados, y es más complicado cuando collares de diferentes diámetros son usados en la misma sarta.

Luego de examinar varios métodos de comparación de conectores en un amplio rango de lastrabarrenas, los gráficos que se dan a continuación han sido preparados para la solución de estos problemas. Fueron usados conectores H-90, Reg. API., FH API, IF, XH, de 2 7/8" a 8 5/8"; de diámetros exteriores de 3 3/4" a 11 1/2" e interiores de 1 1/2" a 4", las cuales cubren el rango de la práctica normal.

En las cartas se usa una comparación de módulos de la sección crítica del pin y caja; esto es, compara las resistencias a la flexión. Pruebas de conectores que se considera serán balanceadas presentan la relación, en esta sección crítica, aproximadamente de 2.5 . Sin embargo, las cartas se prepararon en un rango de 2.25 - 2.75, lo cual implica que en la mitad superior, la caja tendrá mayor resistencia y en la inferior lo tendrá el pin.

//...

El procedimiento normal es entrar a la carta con los diámetros exterior e interior, usando el conector indicado por la zona en que concurren los puntos; pero en la práctica puede ser modificada según últimas experiencias u otros factores, además de mantener adecuado espesor del refuerzo y sección, al final del pin.

5.1 Ejemplo de selección.-

Determinar el conector a ser usado en una sarta de lastrabarrenas, inicialmente:

tamaño - tipo	5 H-90
diámetro exterior	6 3/4"
diámetro interior	2 1/4"

habiendo sido desgastado el diámetro exterior a 6 3/8".

Solución

Con los diámetros exterior 6 3/8" e interior 2 1/4" entramos en la fig. 5.1, el punto en el cual coinciden está mejor balanceada para el conector 4 1/2 H-90; dicho punto también está en la zona superior del 4 1/2" F-H que favorece a la caja y preve su desgaste continuo. Un nuevo conector de 5 H-90,

//...

está muy desbalanceado respecto al pin y sería aún más perjudicial por el desgaste del diámetro exterior. Luego el conector indicado será el 4 1/2 H-90.

DIAMETRO EXTERIOR pulgadas

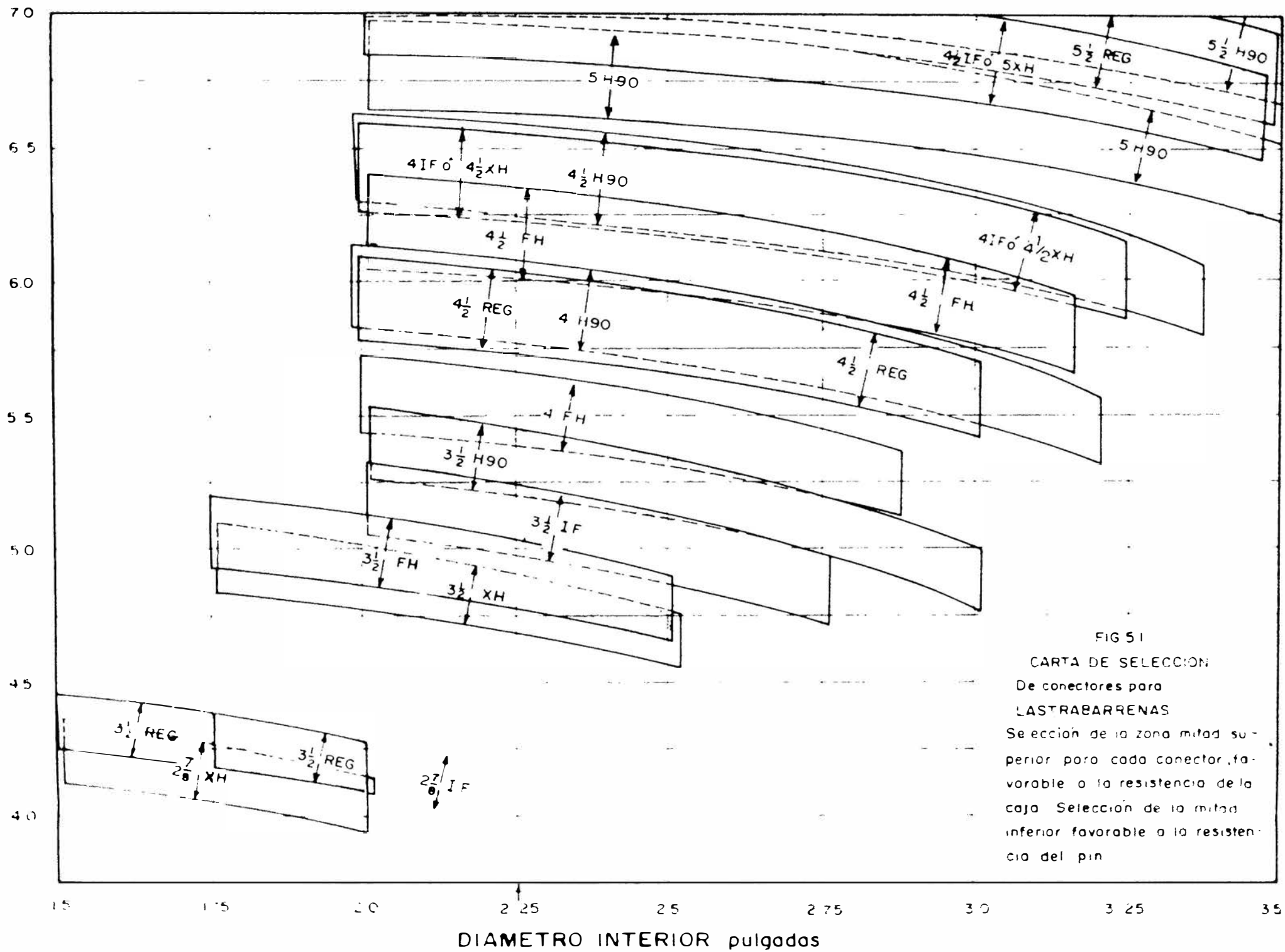
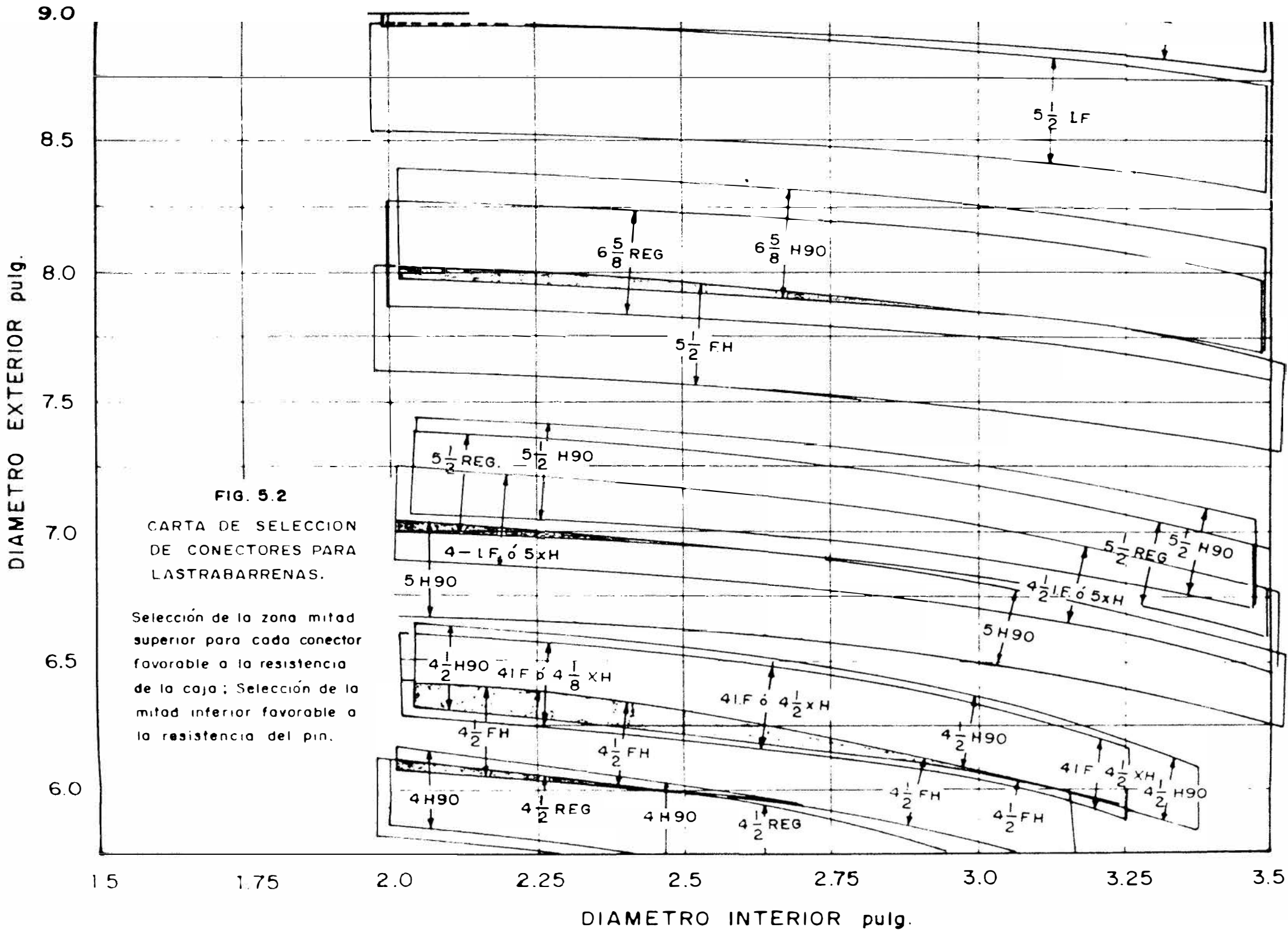


FIG 51

CARTA DE SELECCION

De conectores para
 LASTRABARRENAS
 Sección de la zona mitad su-
 perior para cada conector, fa-
 vorable a la resistencia de la
 caja. Selección de la mitad
 inferior favorable a la resisten-
 cia del pin.



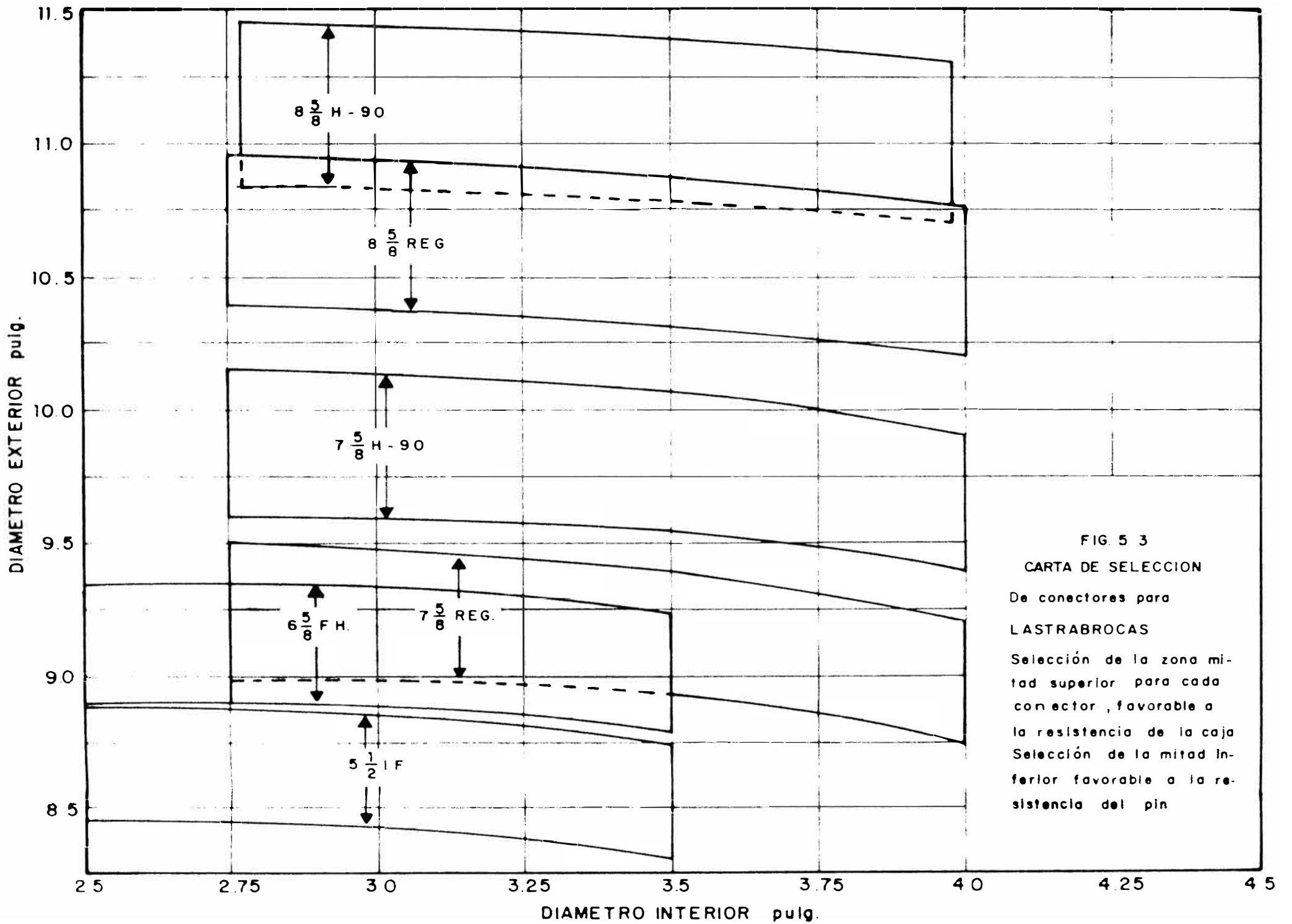


FIG. 5 3
 CARTA DE SELECCION
 De conectores para
 LASTRABROCAS
 Selección de la zona mi-
 tad superior para cada
 conector , favorable a
 la resistencia de la caja
 Selección de la mitad in-
 ferior favorable a la re-
 sistencia del pin

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA
DE PETRÓLEO Y PETROQUÍMICA

RESUMEN DE TESIS : Presentado por : RICARTE ALBERTO DAVILA GARCIA

Para optar el Grado Académico de Bachiller en Ciencias con mención en
Ingeniería de Petróleo

6.- CONCLUSIONES

Las recomendaciones dadas en el cap. 4 han sido aplicadas en un extenso programa de control en Scurry County, Texas; cada pozo fue perforado de 1700'-7000' siendo inspeccionada la sarta a la completación de cada pozo.

Un tipo común de medidor se muestra en la fig. 6.1, la cual se instala cuando la soga forma un ángulo recto con el cabo de la llave y se dieron tracciones uniformes compensando la inercia de la tubería.

Como se muestra en la tabla 6.1, 8 equipos perforaron 98 pozos, en 64 de los cuales se hizo el control respectivo.

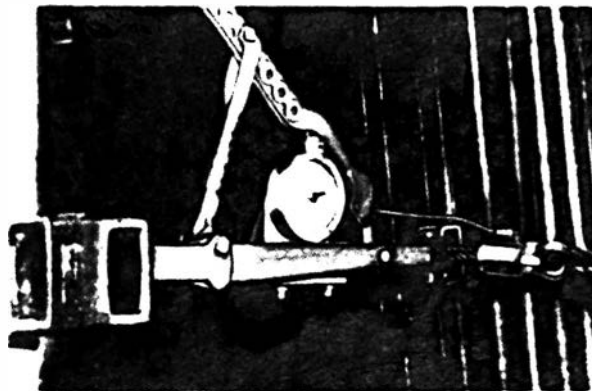


Fig. 6.1.- MEDIDOR DE MOMENTO DE TORSION

Con este sistema se han logrado reducir los problemas en pines en un 69% y en las cajas del conector en 62%. El promedio de 65% nos indica cuan útil es el control del momento de torsión en la perforación de un pozo, ya que reducen las operaciones de pesca y otros controles técnicos y disminuyen grandes inversiones por cambio continuo de nueva tubería.

//...

Es de esperar que la buena lubricación y operación del personal contribuyen a reducir aún más estos problemas, pero indudablemente la práctica de control del momento de torsión trae buenos beneficios, como se concluye del presente trabajo.

T A B L A 6.1.

COMPARACION CUANTITATIVA DE UNIONES DESCARTADAS.-

MOMENTOS DE TORSION ESTIMADOS VS MOMENTOS DE TORSION CONTROLADOS

		MOMENTO DE TORSION ESTIMADO		MOMENTO DE TORSION MEDIDO				
		Pozos No.	Pines descartados	Cajas descartadas	Pozos No.	Pines descartados	Cajas descartadas	
EQUIPO A	1		7	3	3	-	-	
	2		1	1	4	3	-	
					5	-	-	
					6	1	1	
					7	1	-	
					8	-	2	
					9	-	-	
					10	-	-	
	Total			8	4		5	3
	Promedio/pozo			4	2		.62	.37
EQUIPO B	1		6	5	3	1	-	
	2		8	5	4	1	-	
					5	3	-	
					6	1	1	
					7	-	2	
					8	-	1	
					9	1	-	
					10	3	-	
					11	4	2	
					12	1	-	
	Total			14	10		15	6
	Promedio/pozo			7.	5.		1.5	.6

MOMENTO DE TORSION ESTIMADO			MOMENTO DE TORSION MEDIO			
Pozo No.	Pines descartados	Cajas descartadas	Pozo No.	Pines descartados	Cajas descartadas	
EQUIPO C	1	1	8	-	-	
	2	2	9	2	2	
	3	6	10	-	1	
	4	-	7	1	-	
	5	-	6	6	2	
	6	1	3	2	2	
	7	3	4	2	-	
				15	3	5
				16	2	7
				17	-	1
				18	-	1
				19	3	1
		<u>13</u>	<u>29</u>		<u>21</u>	<u>22</u>
	Total Promedio/pozo	1.86	4.14		1.75	1.83
	EQUIPO D	1	-	7	1	2
		2	1	8	-	-
		3	2	9	3	1
		4	9	6	3	5
		5	3	4	1	3
6		3	5	2	6	
				13	-	2
				14	2	2
				15	1	2
				16	-	2
				17	-	2
				18	-	-
				19	2	1
				20	1	1
				21	1	1
		<u>18</u>	<u>19</u>		<u>17</u>	<u>30</u>
Total Promedio/pozo		3.	3.16		1.13	2.

MOMENTO DE TORSION ESTIMADO			MOMENTO DE TORSION MEDIO			
Pozo No.	Pines descartados	Cajas descartadas	Pozo No.	Pines descartados	Cajas descartadas	
EQUIPO E	3	1	-	1	7	3
	4	3	5	2	3	2
	5	2	3			
	6	2	4			
		<u>8</u>	<u>12</u>		<u>10</u>	<u>5</u>
Total	8	12		10	5	
Promedio/pozo	2.	3.		5.	2.5	
EQUIPO F	3	1	-	1	1	1
	4	-	-	2	10	12
	5	4	-			
	6	-	3			
	7	1	4			
	<u>6</u>	<u>7</u>		<u>11</u>	<u>13</u>	
Total	6	7		11	13	
Promedio/pozo	1.2	1.35		5.5	6.5	
EQUIPO G	6	2	1	1	3	5
	7	2	1	2	5	1
	8	-	-	3	3	7
	9	3	1	4	10	5
				5	10	6
				10	4	-
				11	7	6
				12	4	-
				13	5	2
		<u>7</u>	<u>3</u>		<u>51</u>	<u>32</u>
	Total	7	3		51	32
	Promedio/pozo	1.75	.75		5.67	3.55

MOMENTO DE TORSION ESTIMADO			MOMENTO DE TORSION MEDIDO		
Pozo No.	Pines descartados	Cajas descartadas	Pozo No.	Pines descartados	Cajas descartadas
5	2	2	1	2	-
6	-	-	2	3	2
7	2	1	3	9	6
8	4	2	4	13	11
			9	4	-
			10	3	-
Total	8	5		34	19
Promedio/pozo	2.	1.25		5.67	3.16

EQUIPO H

Total	87	85	164	131
Promedio	1.4	1.37	4.55	3.64

T A B L A 1

MOMENTOS DE TORSION RECOMENDADOS PARA AJUSTAR CONEXIONES

Tamaño y tipo de conexión	Diámetro Exterior pulg.	Diámetro Interior pulg.	Area seccional del pin pulg. ²	Area seccional caja pulg. ²	Momento de Torsión lb - pie	
2 3/8	REG	3 1/8	1	3.02	2.39	3000 - 3500
	IF	3 3/8	1 3/4	2.61	2.45	3000 - 3500
	Acme	3 1/8	1	2.71	2.62	3500 - 4000
	E.F.	2 1/2	1	1.75	1.57	1000 - 1500
2 7/8	REG	3 3/4	1 1/4	3.99	4.12	6000 - 7000
	IF	4 1/8	2 1/8	3.73	4.33	5000 - 7000
	Acme	3 3/4	1 1/4	3.67	4.25	5000 - 7000
	S.H.	3 3/8	1 3/4	2.61	2.45	3000 - 3500
	X.H.	4 1/4	1 7/8	4.21	5.65	6000 - 8000
	E.F.	3	1 1/16	2.85	2.28	2500 - 3000
3 1/2	REG	4 1/4	1 1/2	5.67	4.74	7000 - 9500
	F.H.	4 5/8	2 7/16	5.35	4.53	7000 - 9000
	I.F.	4 3/4	2 11/16	4.89	5.06	7500 - 10000
	Acme	4 1/4	1 7/8	4.52	4.71	7000 - 9000
	A.S.L.	4 5/8	2 5/16	5.48	4.91	7500 - 10000
	A.S.L.	4 5/8	2 7/16	5.01	4.91	7500 - 10000
	D.S.L.	3 7/8	1 13/16	4.39	3.26	4500 - 5500
	S.H.	4	2 1/8	3.73	3.54	5000 - 6500
	X.H.	4 3/4	2 7/16	4.76	6.31	9000 - 12000
	E.F.	3 5/8	1 1/2	3.76	3.40	4500 - 6000
	H-90	5 1/4	2 3/4	5.40	8.28	8000 - 11000
	H-90	5 1/2	2 3/4	5.40	10.39	8000 - 11000

MOMENTOS DE TORSION RECOMENDADOS PARA AJUSTAR CONEXIONES

Tamaño y tipo de conexión	Diámetro Exterior pulg.	Diámetro Interior pulg.	Area seccional del pin pulg. ²	Area Seccional caja pulg. ²	Momento de Torsión lb - pie	
4	F.H.	4 1/4	2 13/16	5.93	7.25	9000-12000
	I.F.	5 3/4	3 1/4	7.51	7.54	12500-16500
	S.H.	4 1/2	2 9/16	4.27	4.49	7000- 9000
	H-90	5	2 13/16	7.48	7.85	12500-16500
4 1/2	REG.	5 1/2	2 1/4	9.89	7.18	12000-16000
	F.H.	5 3/4	3	7.92	8.01	13500-17500
	F.H.	5 3/4	3 5/32	7.16	8.01	12000-16000
	I.F.	6 1/8	3 3/4	7.83	7.82	13000-17000
	Acme	5 1/2	2 1/2	8.45	7.38	12000-16000
	A.S.L.	5 3/4	3	7.93	7.86	13500-17500
4 1/2	A.S.L.	5 3/4	3 5/32	7.18	7.86	11500-15500
	X.H.	6	3 1/4	7.51	9.85	12500-16500
	E.F.	4 11/16	2 3/16	5.67	5.84	9000-12000
	H-90	6	3 1/4	7.67	9.97	12500-16500
	H-90	6 1/4	3 1/4	7.67	12.37	12500-16500
5	X.H.	6 1/4	3 3/4	7.83	9.03	13000-17000
5 1/2	REG.	6 3/4	2 3/4	13.99	12.16	23000-27000
	F.H.	7	3 13/16	11.52	11.66	21500-25500
	F.H.	7	4	10.37	11.66	19000-23000
	I.F.	7 3/8	4 13/16	10.55	10.64	20000-24000
	Acme	6 3/4	3	13.84	11.17	20500-24500
	A.S.L.	7	3 13/16	12.19	11.05	20000-24000
	A.S.L.	7	4	11.04	11.05	20000-24000
6 5/8	REG.	7 3/4	3 1/2	14.76	13.90	26500-30500
	F.H.	8	5	11.87	14.15	22500-26500
	I.F.	8 1/2	5 29/32	12.32	13.12	23000-27000
	Acme	7 3/4	3 1/2	18.12	15.21	29500-33500

T A B L A 2

MOMENTOS DE TORSION RECOMENDADOS PARA AJUSTAR CONECTORES DE LASTRABARRENAS

Tamaño y tipo de conexión	Extremo	Diámetro Interior pulg.	Diámetro Exterior pulg.	Area Seccional pulg. ²	Momento de Torsión lb - pie
3 1/2 I.F.	PIN	1 3/4	-	8.16	14000-18000
		2	-	7.43	12000-16000
		2 1/4	-	6.59	10500-14500
	CAJA	-	5	7.07	11500-15500
		-	5 1/4	9.09	16200-20000
		-	5 1/2	11.19	21000-25000
		-	5 3/4	13.40	24500-28500
	3 1/2 H-90	PIN	2	-	8.20
2 1/4			-	7.37	12000-16000
2 1/2			-	6.43	10000-14000
CAJA		-	5	6.27	10000-14000
		-	5 1/4	8.28	14500-18500
		-	5 1/2	10.39	19000-23000
		-	5 3/4	12.60	23500-27500
4 F.H.		PIN	2	-	9.00
	2 1/4		-	8.17	14000-18000
	2 1/2		-	7.23	12000-16000
	2 3/4		-	6.20	10000-14000
	CAJA	-	5 1/4	7.25	12000-16000
		-	5 1/2	9.36	16500-20500
		-	5 3/4	11.57	22000-26000
		-	6	13.88	25500-29500
		-	6 1/4	16.28	28000-32000

MOMENTOS DE TORSION RECOMENDADOS PARA AJUSTAR CONECTORES DE LASTRABARRENAS

Tamaño y tipo de conexión	Extremo	Diámetro Interior pulg.	Diámetro Exterior pulg.	Area Seccional pulg. ²	Momento de Torsión. lb - pie
4 H-90	PIN	2 1/4	-	9.17	16000-20000
		2 1/2	-	8.78	15000-19000
		2 3/4	-	7.75	13000-17000
4 1/2 F.H.	CAJA	-	5 3/4	10.06	18000-22000
		-	6	12.37	23000-27000
		-	6 1/4	14.78	26500-30500
		-	6 1/2	17.28	29500-33500
4 1/2 F.H.	PIN	2	-	12.08	23000-27000
		2 1/4	-	11.24	21000-25000
		2 1/2	-	10.31	19000-23000
		2 3/4	-	9.28	16500-20500
4 1/2 REG.	CAJA	-	5 3/4	8.01	14000-18000
		-	6	10.32	19000-23000
		-	6 1/4	12.73	24000-28000
		-	6 1/2	15.30	27000-31000
4 1/2 REG.	PIN	2 1/4	-	9.89	18000-22000
		2 1/2	-	8.95	16000-20000
		2 3/4	-	7.92	13500-17500
4 1/2 REG.	CAJA	-	5 1/2	7.18	12000-16000
		-	5 3/4	9.39	17000-21000
		-	6	11.70	22000-26000
		-	6 1/4	14.11	25500-29500

MOMENTOS DE TORSION RECOMENDADOS PARA AJUSTAR CONECTORES DE LASTRABARRENAS

Tamaño y tipo de conexión	Extremo	Diámetro Interior pulg.	Diámetro Exterior pulg.	Area Seccional pulg. ²	Momento de Torsión lb - pie
4 1/2 X.H.	PIN	2 1/4	-	11.83	22000-26000
		2 1/2	-	10.90	20000-24000
		2 3/4	-	9.87	18000-22000
4 1/2 H-90	CAJA	-	5 3/4	7.54	12500-16500
		-	6	9.85	18000-22000
		-	6 1/4	12.25	23000-27000
		-	6 1/2	14.76	26500-30500
4 1/2 I.F.	PIN	2 1/4	-	11.99	22500-26500
		2 1/2	-	11.06	20500-24500
		2 3/4	-	10.03	18000-22000
5 X.H.	CAJA	-	6	9.97	18000-22000
		-	6 1/4	12.37	23000-27000
		-	6 1/2	14.88	26500-30500
		-	6 3/4	17.48	29500-33500
5 X.H.	PIN	2 1/4	-	14.889	26500-30500
		2 1/2	-	13.957	25500-29500
		2 3/4	-	12.927	24000-28000
5 X.H.	CAJA	-	6 1/2	11.529	21500-25500
		-	6 3/4	14.129	25500-29500
		-	7	16.828	28500-32500
5 X.H.		-	7 1/4	19.624	31500-35500

MOMENTOS DE TORSION RECOMENDADOS PARA AJUSTAR CONECTORES DE LASTRABARRENAS

Tamaño y tipo de conexión	Extremo	Diámetro Interior pulg.	Diámetro Exterior pulg.	Area Seccional pulg. ²	Momento de Torsión lb - pie
5 H-90	PIN	2 1/4	-	13.96	25300-29500
		2 1/2	-	13.03	24000-28000
		2 3/4	-	12.00	22500-26500
	CAJA	-	6 1/2	12.68	23500-27500
		-	6 3/4	15.28	27000-31000
		-	7	17.99	30000-34000
-		7 1/4	20.78	33000-37000	
5 1/2 REG.	PIN	2 1/4	-	15.95	28000-32000
		2 1/2	-	15.02	26500-30500
		2 3/4	-	13.99	25500-29500
	CAJA	-	7	14.86	26500-30500
		-	7 1/4	17.66	29500-33500
		-	7 1/2	20.56	33000-37000
-		7 3/4	23.55	36000-40000	
5 1/2 F.H.	PIN	2 1/4	-	18.96	31000-35000
		2 1/2	-	18.03	30000-34000
		2 3/4	-	17.00	29000-33000
		3	-	15.87	28000-32000
		3 1/4	-	14.64	26500-30500
	CAJA	-	7 1/4	14.46	26000-30000
CAJA	-	7 1/2	18.36	30500-34500	
	-	7 3/4	20.35	33000-37000	
	-	8	23.44	36000-40000	

MOMENTOS DE TORSION RECOMENDADOS PARA AJUSTAR CONECTORES DE LASTRABARRENAS

Tamaño y tipo de conexión	Extremo	Diámetro Interior pulg.	Diámetro Exterior pulg.	Area Seccional pulg. ²	Momento de Torsión lb - pie
5 1/2 H-90	PIN	2 1/4	-	16.05	28000-32000
		2 1/2	-	15.12	26500-30500
		2 3/4	-	14.09	25500-29500
		3	-	12.96	24000-28000
	CAJA	-	7	15.79	28000-32000
		-	7 1/4	18.57	30500-34500
		-	7 1/2	21.49	33500-37500
		-	7 3/4	24.48	37000-41000
6 5/8 REG.	PIN	2 1/4	-	20.40	33000-37000
		2 1/2	-	19.47	31000-35000
		2 3/4	-	18.44	30500-34500
		3	-	17.31	29000-33000
		3 1/4	-	16.08	28000-32000
	CAJA	-	7 3/4	18.90	31000-35000
		-	8	21.99	34000-38000
		-	8 1/4	25.18	37500-41500
6 5/8 H-90	PIN	2 1/4	-	21.32	33500-37500
		2 1/2	-	20.39	33000-37000
		2 3/4	-	19.36	31000-35000
		3	-	18.23	30000-34000
		3 1/4	-	17.00	29000-33000
	CAJA	-	7 3/4	18.90	31000-35000
		-	8	22.00	34000-38000
		-	8 1/4	25.18	37500-41500

MOMENTOS DE TORSION RECOMENDADOS PARA AJUSTAR CONECTORES DE LASTRA BARRENAS

Tamaño y tipo de conexión	Extremo	Diámetro Interior pulg.	Diámetro Exterior pulg.	Area Seccional pulg. ²	Momento de Torsión lb - pie	
7 5/8 REG.	PIN	2 3/4	-	27.41	40000-44000	
		3	-	26.28	39000-43000	
		3 1/4	-	25.06	37500-41500	
		3 1/2	-	23.73	36000-40000	
		3 3/4	-	22.31	34500-38500	
	CAJA	-	8 3/4	21.98	34000-38000	
		-	9	25.47	38000-42000	
		-	9 1/4	29.05	42000-46000	
		-	9 1/2	32.73	45500-49500	
		7 5/8 H-90	PIN	3	-	31.44
3 1/4	-			30.21	43000-47000	
3 1/2	-			28.90	42000-46000	
3 3/4	-			27.47	40000-44000	
CAJA	-		9 1/2	21.77	34000-38000	
	-		9 3/4	25.54	38000-42000	
	-		10	29.42	42000-46000	
8 5/8 REG.	PIN		3	-	36.73	50000-54000
			3 1/4	-	35.51	48000-52500
			3 1/2	-	34.18	47500-51500
		3 3/4	-	32.75	45500-49500	
	CAJA	-	10 1/4	32.62	45500-49500	
		-	10 1/2	36.70	50000-54000	
		-	10 3/4	40.87	54500-58500	

MOMENTOS DE TORSION RECOMENDADOS PARA AJUSTAR CONECTORES DE LASTRABARRENAS

Tamaño y tipo de conexión	Extremo	Diámetro Interior pulg.	Diámetro Exterior pulg.	Area Seccional pulg. ²	Momento de Torsión lb - pie
8 5/8 H-90	PIN	2 3/4	-	42.80	57000-61000
		3	-	41.67	55500-59500
		3 1/4	-	40.44	54000-58000
		3 1/2	-	39.12	52500-56500
		3 3/4	-	37.70	51000-55000
	CAJA	-	10 3/4	23.08	36000-40000
		-	11	27.35	40000-44000
		-	11 1/4	31.71	44000-48000

N O M E N C L A T U R A

SIMBOLO	SIGNIFICADO	UNIDADES
A	Area de la sección crítica de la unión.	pulg. ²
AB	Area en la sección crítica de la caja.	pulg. ²
Ap	Area en la sección crítica del pin.	pulg. ²
c	Distancia del eje neutro a los hilos.	pulg.
D _B	Diámetro en la sección crítica de la caja.	pulg.
D _i	Diámetro interior	pulg.
D _p	Diámetro en la sección crítica del pin.	pulg.
E	Módulo de Young	PSI(30x10 ⁶)
E ₁	Unidad de deformación	pulg./pulg.
f	Coefficiente de fricción	
F _a	Fuerza axial	lb.
F _n	Fuerza normal	lb.
I	Momento de inercia	pulg. ⁴
K	Factor de corrección	
M	Momento de flexión	lb - pulg.
	Paso de hilos	pulg.
R _a	Relación de áreas	

SIMBOLO	SIGNIFICADO	UNIDADES
Rc	Relación de radios	
Rs	Radio medio de la espalda	pulg.
Rt	Radio medio de hilos	pulg.
S	Esfuerzo	PSI
Sr	Esfuerzo permisible	PSI
Scr	Esfuerzo inducido por ajuste	PSI
T	Momento de torsión	lb - pulg.
W	Trabajo aplicado a la unión	lb - pulg.
α	Angulo direccional del hilo Angulo entre la normal a la superficie del hilo y el eje axial	
μ	Relación de Poisson	
θ	Mitad del ángulo entre los hilos	

B I B L I O G R A F I A

- 1.- Momentos de torsión en las uniones de la columna de perforación.- A.P. FARR (ASME).
- 2.- Cómo obtener mejores beneficios con tubos lastrabarrenas.-
Petróleo interamericano, ediciones 1962.
- 3.- Reportes de control de momentos de torsión en campos de operación.
- 4.- Prevención de fallas de metales por esfuerzos repetidos
John Wiley - Sons.