

ANÁLISIS A LOS EJES DE LA CHUMACERA DE LAS UNIDADES DE BOMBEO CONVENCIONAL SK-10 Y SK-8.

Ing. Erik Perdomo García¹

1. CUJAE

Resumen

La implementación de una nueva política económica de ahorro para la nación cubana se analiza en el VI Congreso de PCC, como resultado, surgen los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución. En algunos de sus artículos se hace énfasis en el mantenimiento industrial; basado en ello surge esta investigación, la cual se realiza en la UEB de Mantenimiento de la Empresa de Perforación y Extracción de Petróleo del Centro (EPEP-C), Cárdenas, Matanzas, perteneciente a Cupet, con el objetivo de analizar la falla de los ejes de la chumacera en las unidades de bombeo convencional, lo que contribuirá a la disminución de la frecuencia de falla en las unidades de bombeo convencionales de la empresa. Para ello se hizo necesario la utilización de varias herramientas: Diagrama Kendall, Softwares Working Model y SolidWorks, con las que se determinó que la principal causa que origina la rotura del eje es: la inexistencia de un adecuado tratamiento térmico y no así la ausencia de radio de redondeo como aliviador de tensión como se pensaba. Se propuso para aumentar la vida útil de los ejes de la chumacera un procedimiento de tratamiento térmico. Una rotura del eje de la chumacera provoca grandes afectaciones a la estructura de la unidad de bombeo costándole a la empresa reparar estas afectaciones 79 389,12 CUP por lo q la disminución de la frecuencia de esta falla representará un aporte significativo.

Palabras claves: Chumacera; Eje; Unidades de bombeo convencional.

Introducción

Del petróleo se dice que es el energético más importante en la historia de la humanidad; un recurso natural no renovable que aporta el mayor porcentaje del total de la energía que se consume en el mundo.

Aunque se conoce de su existencia y utilización desde épocas milenarias, la historia del petróleo como elemento vital y factor estratégico de desarrollo es relativamente reciente, de menos de 200 años.

En 1850 Samuel Kier, un boticario de Pittsburg, Pennsylvania (EE.UU.), lo comercializó por vez primera bajo el nombre de "aceite de roca" o "petróleo".

A partir de entonces se puede decir que comenzó el desarrollo de la industria del petróleo y el verdadero aprovechamiento de un recurso que indudablemente ha contribuido a la formación del mundo actual.

La situación real en la que se encuentra el mundo, hoy, en medio de una crisis económica, lejos de finalizar promete perdurar y mantenerse, afectando tanto a potencias económicas como naciones tercermundistas. Los cambios bruscos en los precios de los hidrocarburos, debido a conflictos bélicos y a la inestabilidad en los mercados; son realidades de las cuales Cuba como país no está ajeno, lo cual trae consigo la búsqueda de alternativas para la sustitución de importaciones.

En el camino a la excelencia del mantenimiento, se debe tener claro que el aumento de la disponibilidad de equipos es uno de los primeros pasos a ejecutar. Dentro de este gran problema la carencia de modelos o procedimientos estandarizados son los principales aspectos a tener en cuenta para ejecutar dicha tarea.

El PCC en su VI Congreso se propuso la implementación de una nueva política económica de ahorro para la nación cubana (Los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución) con el objetivo de mejorar económicamente la situación del país. Esta se aprobó el 18 de abril de 2011. En los artículos (220, 224, 278, 279 y 285) se hace énfasis en el reordenamiento y mantenimiento al transporte de carga y pasajeros además del tema mantenimiento industrial; tanto así como a la organización, prioridad a la atención y calidad de los servicios técnicos dirigidos al mantenimiento y a la disponibilidad técnica de estos medios.

Así surge esta investigación, la cual se realiza en la UEB de Mantenimiento de la Empresa de Perforación y Extracción de Petróleo del Centro (EPEP-C), perteneciente a Cupet del Ministerio de Energía y Minas.

Es de vital importancia la búsqueda continua de buenas prácticas para la empresa, ya que la misma cuenta con varias unidades de bombeo SK-8 y SK-10 y una rotura del eje de la

chumacera provoca grandes afectaciones a la estructura de la unidad de bombeo costándole a la empresa reparar estas afectaciones 79 389,12 CUP. Sobre esta base surge la necesidad de realizar una investigación.

Desarrollo

El Método del panel de experto o Método del coeficiente de Kendall

Utilizado para determinar cuáles de las características sustitutivas se van a priorizar. Consiste en priorizar los criterios de un grupo de especialistas (nunca menos de 7) con conocimientos de la problemática sometida a estudio, de manera que cada integrante del panel vaya ponderado según el orden de importancia que cada cual entienda a criterio propio y así determinar la nomenclatura de las características o causas analizadas. Se hace necesario determinar el grado de concordancia entre los expertos, para lo cual se utiliza el coeficiente de Kendall, que responde a la siguiente expresión:

$$W = \frac{12 S}{m^2 (K^3 - K)} \quad Ec 1$$

Dónde:

$$S = \sum_{i=1}^K \left[R_i - \frac{\sum R_i}{K} \right]^2 = \sum_{i=1}^K \Delta^2 \quad Ec 2$$

S – Suma de cuadrados de las desviaciones observadas de la media.

R_i – Suma de criterio de los expertos con relación al factor i.

K – Número de factores investigados.

m – número de expertos

El coeficiente W toma valores entre 0 y 1. Si toma valor 0 indica que existe una total discrepancia entre los miembros del panel, contrariamente si alcanza valor 1 se establece una concordancia perfecta entre éstos. En la práctica esto apenas ocurre, obteniéndose valores intermedios por lo que se hace necesario utilizar una prueba de hipótesis que permita predecir si es significativa o no la concordancia entre los expertos. (Juran, 1984)

Problemas	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	$\sum a_{ij}$	Δ	Δ^2
Inadecuado Montaje.	5	5	5	5	6	5	5	36	8	64
Inexistencia de aliviador de tensiones en la zona donde ocurre la rotura.	1	2	1	2	1	1	1	9	-19	361
Inadecuado almacenamiento de los ejes	4	3	4	3	4	4	4	26	-2	4
Existencia de desbalanceo en las U/B	7	7	7	7	7	7	7	49	21	441
Insuficiente capacitación del personal que fabrica y monta los ejes	6	6	6	6	5	6	6	41	13	169
Posibilidad de una incorrecta selección del material	2	1	2	1	2	2	2	12	-16	256
Ausencia de un tratamiento térmico al eje después de fabricado.	3	4	3	4	3	3	3	23	-5	25
Σ								196		1320

Figura 1: Diagrama Kendall

$$f_{aij} = E1+E2+E3+E4+E5+E6+E7$$

$$T = f_{aij}/K$$

$$\Delta = f_{aij} - T$$

$$W = 12 * \Delta^2 / M^2 * (K^3 - K) \geq 0.5$$

$$K = 6 \quad T = 196/7 = 28$$

$$W = 12 * (1320) / 49 * (73 - 7) = 15840 / 14464$$

$W = 0.962 = 96.2\%$ Existe concordancia entre los expertos.

Se determinaron como problemas fundamentales las siguientes:

Inexistencia de aliviador de tensiones en la zona donde ocurre la rotura.

Posibilidad de una incorrecta selección del material

Ausencia de un tratamiento térmico al eje después de fabricado.

Análisis Cinemático de las Unidades de Bombeo

Para evaluar el comportamiento de los diferentes tipos de Unidades de bombeo, es importante simular acertadamente sus características cinemáticas. El modelo cinemático puede usarse para calcular la posición angular, velocidad y aceleración de cualquier parte de la unidad de bombeo.

Usando este método cinemático se pueden comparar la velocidad de la barra pulida y la aceleración de diferentes unidades. Sin embargo, debe mantenerse en mente que el comportamiento del sistema de las unidades de bombeo depende en la interacción de todos los componentes del sistema. La geometría de las unidades de bombeo es un factor muy importante pero no es el único. Otros elementos incluyendo la profundidad del pozo, tamaño de la bomba, diseño de la sarta de cabillas y material de las cabillas.

Por lo tanto, el modelo cinemático de la unidad de bombeo debe combinarse con el método predicativo de la ecuación de onda para comparar acertadamente unidades de bombeo para condiciones de pozo dadas. (Martínez, 2001)

:



Figura 2: Análisis Cinemático atreves de Working Model

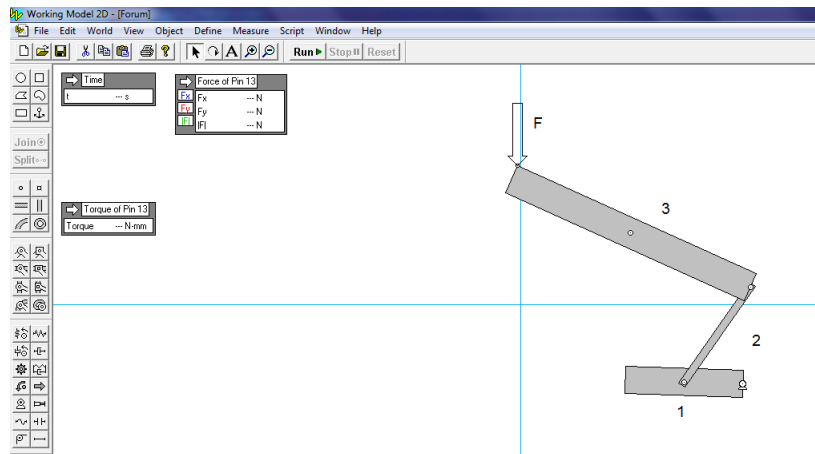


Figura 2.1: Análisis Cinemático atreves de Working Model

Elementos	Largo(mm)	Altura(mm)	Masa(Kg)	Fuerza(F)
1	2440	570	2190,23	
2	2555	145	189,61	
3	5460	630	9208,9	10 T

Tabla 1: Datos de entradas

		Fuerzas en la chumacera			
Posición	Tiempo	Fx	Fy	F	
0.000	0.000	0.000	-4,87E+07	-6,91E+07	8,45E+07
1.000	0.010	0.010	-4,82E+07	-6,86E+07	8,39E+07
2.000	0.020	0.020	-4,81E+07	-6,86E+07	8,37E+07
3.000	0.030	0.030	-4,79E+07	-6,85E+07	8,36E+07
4.000	0.040	0.040	-4,78E+07	-6,85E+07	8,35E+07
5.000	0.050	0.050	-4,76E+07	-6,84E+07	8,33E+07
6.000	0.060	0.060	-4,75E+07	-6,83E+07	8,32E+07
7.000	0.070	0.070	-4,73E+07	-6,83E+07	8,31E+07
8.000	0.080	0.080	-4,72E+07	-6,82E+07	8,29E+07
9.000	0.090	0.090	-4,70E+07	-6,82E+07	8,28E+07
10.000	0.100	0.100	-4,69E+07	-6,81E+07	8,27E+07
11.000	0.110	0.110	-4,68E+07	-6,80E+07	8,26E+07
12.000	0.120	0.120	-4,66E+07	-6,80E+07	8,24E+07
13.000	0.130	0.130	-4,65E+07	-6,79E+07	8,23E+07
14.000	0.140	0.140	-4,63E+07	-6,79E+07	8,22E+07
15.000	0.150	0.150	-4,62E+07	-6,78E+07	8,20E+07
16.000	0.160	0.160	-4,60E+07	-6,78E+07	8,19E+07
17.000	0.170	0.170	-4,59E+07	-6,77E+07	8,18E+07
18.000	0.180	0.180	-4,57E+07	-6,77E+07	8,17E+07
19.000	0.190	0.190	-4,56E+07	-6,76E+07	8,15E+07
20.000	0.200	0.200	-4,54E+07	-6,76E+07	8,14E+07
21.000	0.210	0.210	-4,53E+07	-6,75E+07	8,13E+07
22.000	0.220	0.220	-4,51E+07	-6,75E+07	8,12E+07
23.000	0.230	0.230	-4,49E+07	-6,75E+07	8,11E+07
469.000	4.690	4.690	2,73E+08	-4,06E+08	4,90E+08

Tabla 2: Resultados obtenidos en la simulación

Nota: La simulación arrojó un total de 1305 datos, en el trabajo se muestra una simple porción para que el lector tenga una idea. Los valores en verdes son los mayores y fueron los seleccionados para la simulación en Solid Works

Simulación de la Pieza en Solid Works
Sin radio de redondeo

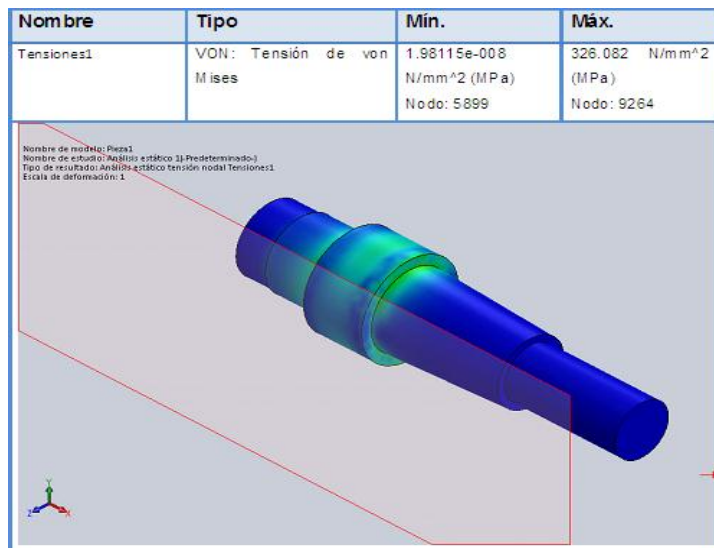


Figura 3: Tensiones

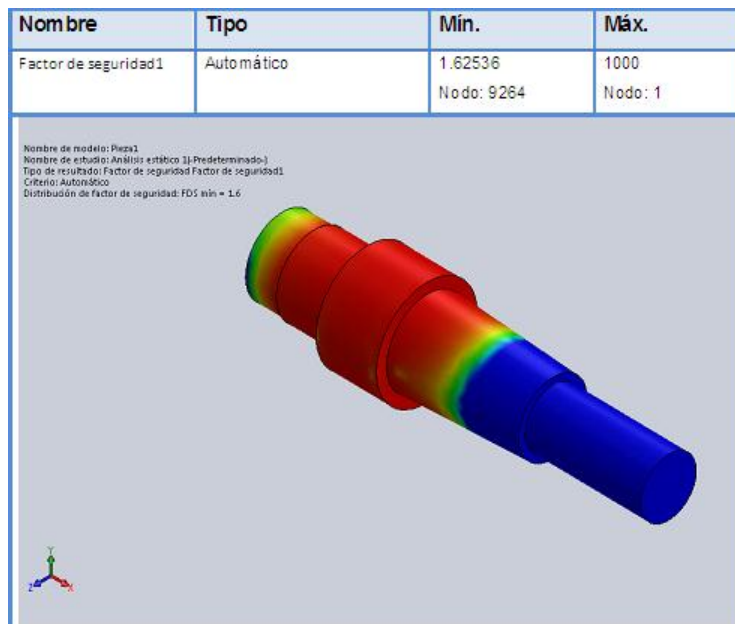


Figura 3.1: Factor de Seguridad

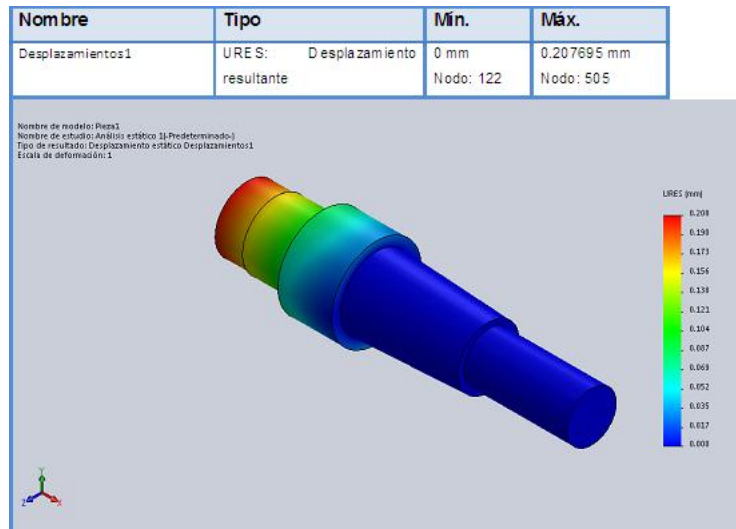


Figura 3.2: Desplazamiento

Con radio de redondeo (1mm)

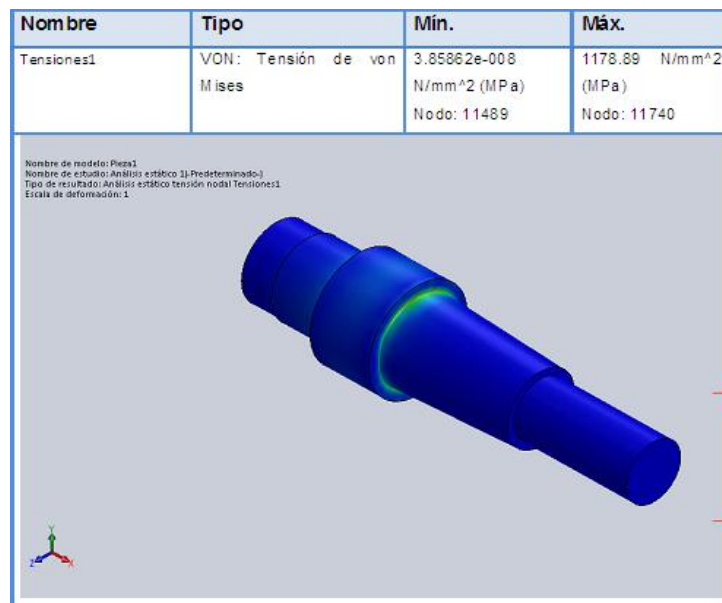


Figura 4: Tensiones

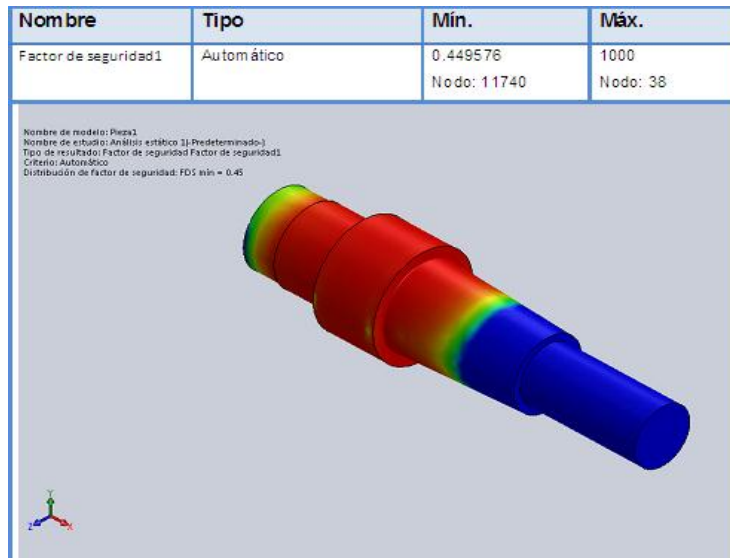


Figura 4.1: Factor de Seguridad

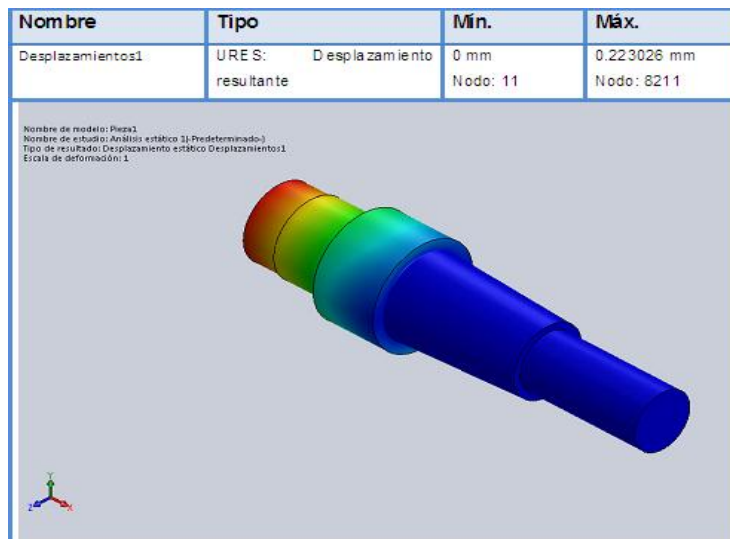


Figura 4.2: Desplazamiento

Con radio de redondeo (4mm)

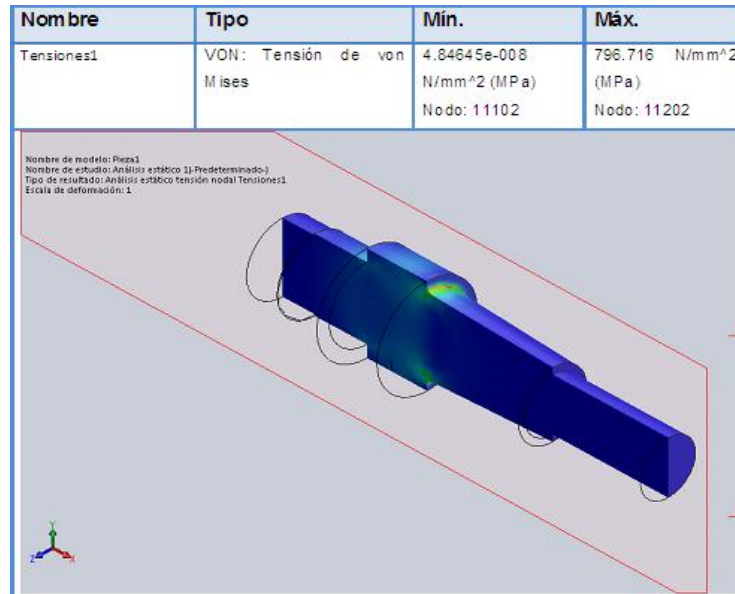


Figura 5:

Tensiones

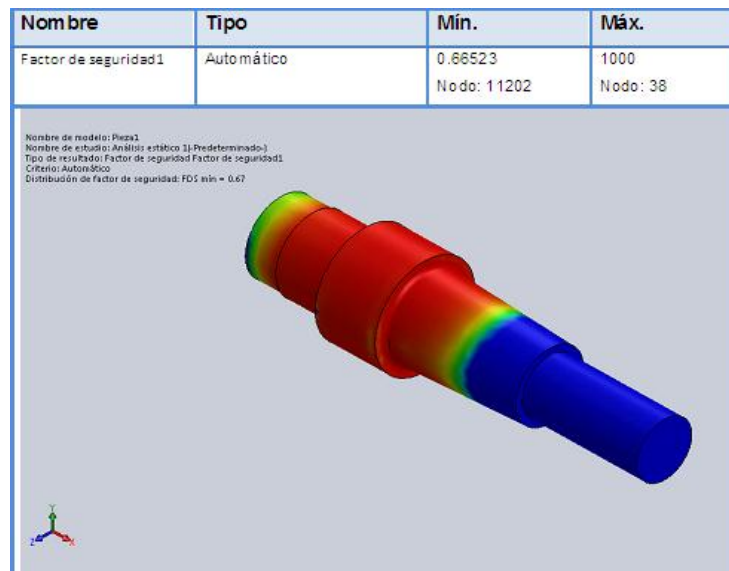


Figura 5.1: Factor de Seguridad

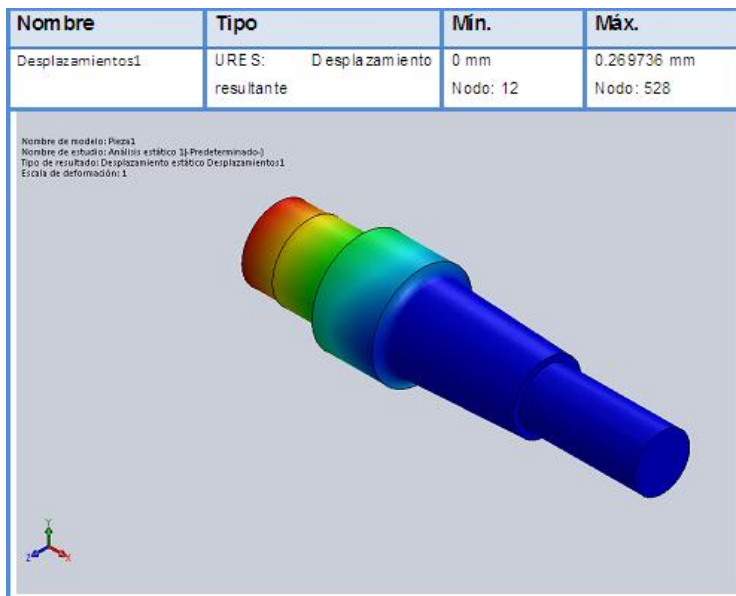


Figura 5.2: Desplazamiento

Con radio de redondeo (8mm)

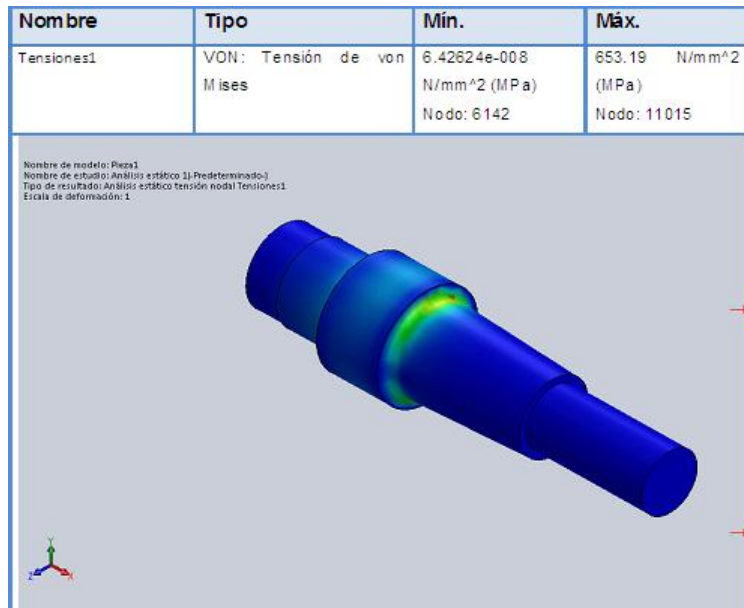


Figura 6: Tensiones

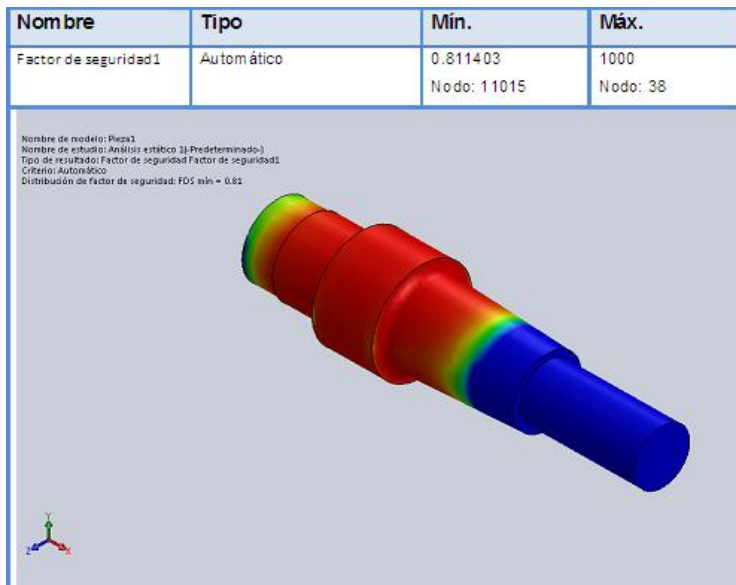


Figura 6.1: Factor de seguridad

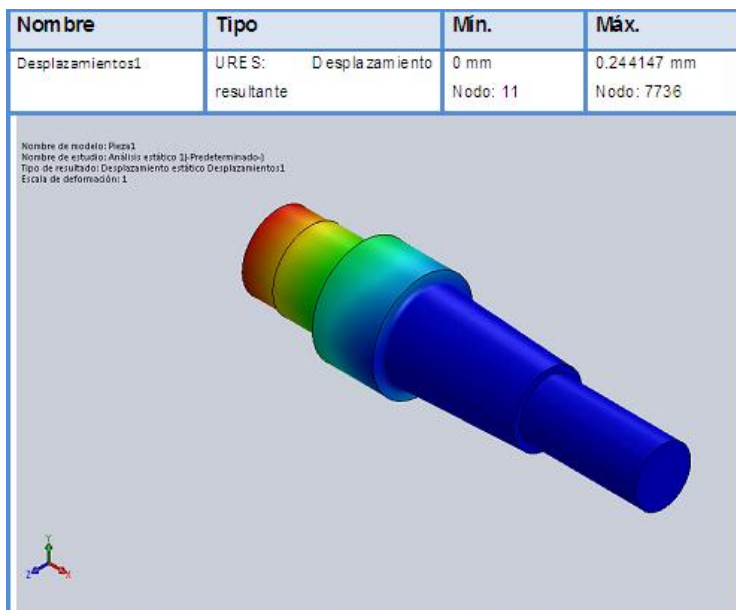


Figura 12: Desplazamiento

Tratamiento térmico

Importancia del tratamiento térmico en el proceso de selección de materiales.

En los aceros, así como en casi todos los sistemas de aleaciones, el tratamiento térmico constituye el procedimiento específico para obtener mejores propiedades mecánicas, por lo tanto el papel del tratamiento térmico es vital al momento de disponer de materiales con las mejores propiedades para los diferentes procesos de uso bajo condiciones deservicio, por lo cual, dicho procedimiento forma parte integral del proceso de selección de materiales, por brindar las posibilidades de obtener materiales de mejores características, respecto a su condición normal de fabricación o de trabajo. De la misma manera, el tratamiento térmico abre un abanico de posibilidades dentro de los materiales, puesto que es capaz de suministrar, para un mismo material diferentes condiciones de servicio.

Cada material tiene su condición en particular de ser tratado térmicamente, siempre y cuando el mismo se le pueda realizar, por ejemplo los aceros inoxidable austeníticos no presentan modificaciones apreciables al efectuarles un temple, por lo que el mismo no está indicado para tales aceros.

Finalmente, es correcto afirmar que cuando se está efectuando un proceso de selección de materiales, debe tomarse en consideración la manera en que se ha suministrado al material sus propiedades características, para ser tomado en cuenta en el proceso de evaluación, bien será por razones de índole económica o de costos.(DOBROVOLSKI, et al, 1970)

Tratamiento térmico que proponemos

Al no contar con las condiciones en la empresa para realizar una tarea de este tipo sugerimos contratar el servicio a un tercero. La existencia de diferentes formas de realizar tratamiento térmico nos posibilita a ajustarnos a la forma que utilice la empresa contratada para este servicio. La incertidumbre de la composición química del acero nos hace realizar una metodología para los aceros medios (0,25%-0,60%) en contenido de carbono. Sin embargo proponemos una Metodología para realizar el temple y revenido, sirviendo de guía a los directivos que contrataran el servicio.

Temple

Objetivo:

Obtener alta dureza y resistencia

Temperatura de calentamiento:

9120C (El horno debe tener de 100C a 300C por encima de esta temperatura)

Velocidad de enfriamiento

Depende del medio de enfriamiento que posea la unidad contratada. Por los resultados obtenidos en otros casos proponemos: Agua a 180C

Revenido

Objetivo:

Obtener una microestructura y propiedades óptimas para el funcionamiento de la pieza.

Temperatura de calentamiento:

5000C

Enfriamiento en aire

Conclusiones

Se elaboró un procedimiento de tratamiento térmico para disminuir la frecuencia de falla en los ejes de la chumacera de las unidades de bombeo convencionales. La aplicación de este procedimiento disminuirá los tiempos de paradas, lo que repercute en el aumento de la producción de crudo.

Con la simulación en Working Model y SolidWorks se demostró que no es necesario realizar ningún cambio al diseño del eje de la chumacera de las unidades de bombeo convencional SK-8 y SK-10.

Bibliografía

ALVAREZ, F.A, J.M.V.C., Análisis de fallo en los sistemas de bombeo mecánico del campo Cantagallo, in Escuela de ingeniería de petróleos. Facultad de Ingenierías Fisicoquímicas. 2008, Universidad industrial de Santander: Bucaramanga.

AUTOR, S. Aplicación del criterio de expertos para definir las áreas de actuación de la gestión de mantenimiento, sus funciones y respectivos pesos. 2001.

DOBROVOLSKI, V., ZABLONSKI, K., MAK, S., RADCHIK, A., ERLIJ, L.. *Elementos de Maquinas*. Moscú: Editorial MIR, 1970

JURAN, J., *Manual de calidad*.1984.

MARTÍNEZ, J.A.R., “*Manual de selección de unidades de bombeo mecánico del activo de producción poza rica región norte*”, *Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica*. 2001, Universidad Veracruzana: México

UNATSABAR, O.C. Guías para la operación y mantenimiento de reservorios elevados y estaciones de bombeo 2005: Lima, Perú.