

DISEÑO DEL MALACATE DE UNA GRÚA PARA LA EXTRACCIÓN DE PETROLEO

Alexander Zambrano¹, Manuel Helguero²

¹ Egresado de Ingeniería Mecánica especialización Diseño y Producción

² Director de Tesis, Ingeniero Mecánico, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1975, Profesor de la ESPOL desde 1982.

RESUMEN

En la presente tesis se expone el diseño de los componentes del sistema de elevación de una grúa para la extracción de los pozos de la zona de Ancon.

El método que se utilizará será el diseño tanto estático como dinámico de los principales componentes del sistema considerando los factores de seguridad recomendados por los fabricantes e información de textos especializados.

Se empezará por una descripción del método de extracción de petróleo en la zona de Ancon de la cual se obtendrán los requerimientos del sistema de elevación. Dado esto se expondrá el diseño tentativo del sistema y su funcionamiento esperado.

Los componentes que serán seleccionados, analizados y diseñados serán el cable de elevación, el tambor donde se enrolla el cable, el eje que transmite la potencia al tambor, los rodamientos en los que se apoya el eje, los pernos y soldaduras que unen a los componentes del malacate y la estructura donde se apoyan los estos. Además se analizarán los pares de torsión a las que está sujeta la carga para así seleccionar el motor y la transmisión por cadena de rodillos. El sistema requerirá de un freno para sostener la carga cuando se necesite por lo que se diseñará el freno y su sistema hidráulico de accionamiento. El malacate requerirá además de un embrague para desconectar la potencia cuando se necesite, por esto se seleccionará el embrague y se diseñará su sistema de accionamiento.

El malacate se lo diseñó considerando su funcionamiento continuo y eficiente, la resistencia adecuada de sus componentes y la optimización en cuanto a los costos de construcción. Se comprobó además la factibilidad de la construcción de la maquina en el país lugar de su importación.

Abstract

This thesis exposes the design of the hoisting machine components of a crane for petroleum extraction on the Ancon wells zone.

The method to use will be the static and dynamic design of the main components of the system considering the recommended safe factors of manufacturers and specialized books.

It will start with a description of the extraction method utilized on the Ancon zone which will determine the request of the hoist system. Once obtain this will show the tentative design of the winch and the working expect.

The components which will be select, analyzed an design are the elevation rope, the drum where the rope is roll up, the shaft that transmit the power to the drum, the bearings in which rest the shaft, the bolts and the welding that join the components of the hoist machine and the structure where rest them. Also I will analyze the torsion moments that will require the motor and the roller chain transmission. The system will need a brake to hold the load when it requires, so that I will design the brake and its act hydraulic system. The winch also needs a clutch to disconnect the power when it needs, so that will select the clutch and design its act system.

The hoist system was design considering its continue and efficient working, the resistance of their components and optimization of the constructions cost. I checked the feasibility of the construction of the machine in the country than its importation.

INTRODUCCIÓN

¹El problema surge porque el sistema de bombeo mecánico existente particularmente en la zona de Ancón se volvió obsoleto con el pasar de los años debido a la terminación del ciclo de vida útil de la maquinaria utilizada.

La empresa destinada a la extracción de petróleo decidió que sería más rentable construir la maquinaria en el país que su importación; ésta es una grúa que procede a extraer el petróleo mediante un embolo ubicado en el pozo.

CONTENIDO

Descripción del bombeo mecánico: El sistema se basa en un émbolo el cual es introducido mediante el pozo mediante un cable. El embolo se sumerge en la columna de petróleo acumulado durante el periodo que estuvo descansando el pozo. Cuando el embolo baja se puede sumergir debido a las ranuras en la parte inferior de la varilla que sujeta al émbolo. Al subir el embolo crea un efecto de succión que extrae el petróleo del yacimiento a la tubería de producción, mientras que el petróleo que se encuentra por encima del embolo no cae ni se fuga por la expansión de este, adhiriéndose firmemente a las paredes. Luego el embolo se sumerge en la nueva columna de petróleo. El ciclo se repite hasta acumular una columna que sea capaz de soportar el embolo para luego elevarlo hasta la superficie. Aquí el petrolero se desvía mediante una tubería a un tanquero

Especificaciones y Requerimientos del Sistema: El fluido a elevar es petróleo de 35 a 37 °API. El máximo volumen extraído es de 8 barriles en cada ciclo y el mínimo tiempo que debe demorarse el ciclo es de 9 min. La máxima profundidad de un pozo en esta zona es de 5500 pies

La máxima velocidad que debe tener el cable al elevar la máxima carga es de 3.81 m/s.

El diámetro de la tubería de producción: 2 ½". El peso del émbolo buzo y sus accesorios es 3Kg → 29.4 N La temperatura en la tubería de producción es de aproximadamente 50 °C

El sistema debe trabajar de manera continua durante aproximadamente 15 horas al día 320 días al año y debe poder trasladarse de un pozo hacia otro.

La velocidad del cable debe poderse variar dados los requerimientos del pozo y debe controlarse al bajar el cable. El sistema debe diseñarse para operar cuando haya intervalos de parada con o sin carga.

Las condiciones de carga son variables. El volumen y la velocidad de extracción varían de pozo a pozo y además condiciones de servicio son corrosivas.

Consideraciones y Especificaciones de Diseño:El sistema necesitara de un motor de combustión interna ya que además de que los requerimientos de carga son apreciables , el sistema trabajara en distintos lugares donde se encuentren los pozos.

Este motor requerirá estar acoplado a una caja de cambios de velocidad para proporcionar la velocidad adecuada al sistema dada la producción del pozo.

La transmisión de potencia deberá realizarse por medio de cadena y piñón, ya que el sistema trabajara a velocidades relativamente bajas ,y la distancia entre el eje del tambor y el del motor es apreciable.

²La transmisión proporcionará la velocidad deseada y elevará apropiadamente el par de torsión

.Acoplada a la rueda catalina impulsada se encontrara el eje del tambor que girará sobre cojinetes. Estos cojinetes se encontrarán apoyados sobre marcos de acero montado en vigas de acero que formaran parte de la estructura total que soporta a la maquina.

Acoplada a esta flecha se encontrara el tambor , alrededor del cual se enrollará el cable el cual elevara la carga para la extracción de petróleo. El cable deberá diseñarse para soportar las máximas cargas de trabajo y para un ciclo de vida efectivo. La velocidad del cable será de 3.81m/s y la máxima carga será cuando eleve 8 barriles de petróleo de un pozo de 5500 pies de profundidad.

El sistema constará de un freno para controlar la rotación del tambor en los casos en que se requiera soportar la carga o al controlar la velocidad del cable al bajar hacia el fondo del pozo.

El sistema constará de un embrague que servirá cuando se requiera desconectar la transmisión de potencia hacia el tambor, esto es en los casos en que se requiera reducir la velocidad del cable o pararlo totalmente.

Características y Funcionamiento del Malacate Una vez ubicada la grúa en el pozo que se requiera extraer el petróleo, y el cable colocado en su posición dentro de la tubería de producción comienza la operación del malacate.

El motor se lo enciende estando en posición neutra la caja de cambios y el embrague del malacate desconectado. Luego se selecciona la velocidad en la caja de cambios según los requerimientos del pozo.

Al inicio, con la parte terminal del cable colocado en la superficie del pozo el tambor se encuentra frenado. Se quita el freno y el cable comienza a bajar por efecto de su propio peso. El cable se tiende a acelerar a medida que baja por lo que es necesario aplicar el freno del tambor con cierta frecuencia para controlar la velocidad del cable y lograr que se llegue a detener al llegar al fondo. Así el embolo se asienta en el fondo sin sufrir daños por impacto.

Luego comienza el pistoneo para acumular una columna de petróleo por encima del embolo. Esto es, se conecta el embrague y se lo hace subir unos cuantos metros al cable, después se lo desconecta y baja el cable aplicando el freno unas cuantas veces. Este ciclo se repite unas cuatro veces aproximadamente.

Una vez que la columna de petróleo en la tubería de producción se considera suficiente para el buen desempeño del embolo, se eleva la carga. Esto es, mediante el embrague se transmite la potencia de la flecha del motor a la del tambor haciéndolo girar y enrollando el cable sobre este para elevar la carga. La velocidad con que sube el cable depende de la marcha que se le dio al inicio en la caja de cambios.

Al recorrer los últimos metros antes de llegar a la derivación hacia el tanquero, se desconecta el embrague y va frenando el tambor.

Luego se baja otra vez el cable y el ciclo se repite en una operación normal de extracción.

Existirán ocasiones en que el sistema se requiera detener estando soportando la carga de elevación, para lo cual se deberá embragar y mantener accionado el freno.

Diseño de la maquina:

El malacate elevará la carga con cable 6 x 37 alma de acero torcido regular acero arado extra mejorado de 9/16". El cable se enrollará en un tambor de 60 cm de diámetro nominal y un largo de 1.3 m con un espesor de 3 cm. El material de éste será una fundición de acero al manganeso

El tambor irá soldada a las alas con un electrodo E7018 y el tamaño del lado de la soldadura de chaflán será de 1/4". Las alas tienen un diámetro exterior de 0.974m e interior de 0.2m con un espesor de 9/16" y el material del ala es un acero 1018.

Las alas van soldadas a un aro de acero mediante una soldadura con el mismo electrodo y el tamaño del lado de la soldadura de chaflán es de 1/4". En el aro de acero 1018 se soldará una brida con 8 agujeros de diámetro exterior de 0.36m e interior de 0.21m. Esta brida irá empernada con la carcasa de los rodamientos mediante 8 pernos de acero ASTM 325 de 9/16" de diámetro y 2 3/8" de largo.

Los rodamientos en que se apoya el tambor son rodamientos cilíndricos NTN tipo NU2220E.

El eje será de 120mm de diámetro en el tramo de la longitud del tambor. Los rodamientos que apoyan al tambor se acoplarán a un diámetro de eje de 100mm .

Los rodamientos que apoyan al eje que en esta sección posee un diámetro de 80 mm serán de rodamientos cilíndricos NTN tipo NU 2316E.

Estos rodamientos irán en una carcasa que ira empernada al marco de acero que actúa como bastidor de la maquina.

Los pernos a utilizar son 7 y serán de acero ASTM 325 de de 1/2" y 1 3/4" de largo.

El marco será de acero SAE1018 de 1/4" , de 1100mm de ancho y 800 mm de altura.

El marco va empernado a la viga base por medio de 16 pernos de acero ASTM 325 de 1/2" y 1 3/4" de largo.

Las vigas serán una C 4 x 7.25 de 2.50m de largo.

El sistema de freno será de tipo banda , el tambor de éste será de 90cm de diámetro con un espesor de 1 cm . El ancho del tambor será de 16 cm.

El material de fricción será un revestimiento de materia tramado de 1 " de espesor.

La banda se ajustara al tambor mediante pernos en la banda de acero.

La banda será accionada mediante un cilindro hidráulico que le proporcionara la fuerza necesaria para frenado.

El embrague a utilizar será uno tipo fricción con 2 discos . El embrague que se selecciono fue uno marca WICHITA tipo HTM218. Este embrague trabaja a 5.5 bar de presión. Se accionara el embrague para transmitir potencia mediante un cilindro hidráulico conectado a una horquilla que desplazara al cojinete de embrague.

El motor seleccionado será uno Marca PERKINS con una potencia 285 HP a 1800 rpm. La caja de velocidades tendrá 5 velocidades más reversa. La caja será Modelo: FS-5205A marca ROADRANGER.

La transmisión utilizara una cadena de paso 160, el numero de dientes de la rueda dentada conducida es 76 dientes y la conductora de 23.

El costo total de la maquina es de 40000 dólares.

CONCLUSIONES

Dado los costos totales de fabricación del malacate se concluye que es más factible construir la maquina en el país que su importación de los Estados Unidos, que es de donde venía la maquina ahora obsoleta. Los costos totales de fabricación del malacate. Los costos totales de fabricación del malacate construido son de \$53020 mientras que la importación costaba \$62500 incluido impuesto. La empresa petrolera requería de 10 unidades por lo que el ahorro fue notable.

- El sistema de elevación fue diseñado según las máximas condiciones de carga , por lo que su funcionamiento resultará óptimo para todos los pozos donde se requiera extraer petróleo.
- El malacate se diseñó bajo el método de máxima carga estática que sucede al comienzo de la elevación de la carga, o sea , al arranque. Además dado que el proceso de extracción es cíclico y continuo se diseñaron los componentes a fatiga también.
- El presente diseño se basó en la mayoría de los casos a recomendaciones dadas por los fabricantes de los componentes y en textos especializados en el tema.
- Los materiales y componentes fueron escogidos dados la disponibilidad de estos en el medio, por lo que la maquina fue construida con exactamente con los elementos seleccionados.
- El sistema hidráulico diseñado para accionar el freno y el embrague se basa únicamente en los requerimientos de estos últimos, esto es , dado que el malacate forma parte de la grúa , esta última usará potencia hidráulica para accionar otros componentes.

- Dado que el sistema se opera manualmente se pueden cometer errores en el manejo de los mandos hidráulicos, la acción errónea más perjudicial que puede ocurrir es que se accione el embrague y el freno al mismo tiempo, con lo que ocurrirá en el sistema hidráulico que los émbolos de los arietes se extiendan con menor velocidad, y en el sistema mecánico que desgaste prematuramente los materiales de fricción del embrague y el freno, y además que se sobrecaliente el sistema.
- El óptimo funcionamiento del malacate no solo depende de un buen diseño sino de una construcción precisa, una instalación adecuada y un buen programa de mantenimiento.
- Se recomienda una continua y adecuada lubricación del cable, de la transmisión por cadena, de la caja de cambios, los rodamientos y el motor para que así cumplan con su ciclo esperado de vida.
- El malacate se lo opera manualmente por medio de la consola de mandos para el freno y el embrague por lo que se recomienda una adecuada capacitación de los operarios.

REFERENCIAS

- 1) J. Zambrano. "Diseño del Malacate de una Grúa para la Extracción de Petróleo". (Tesis, Facultad de Ingeniería Mecánica, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2004)
- 2) Robert L. Norton. Diseño de Maquinas (1era Edición, Mexico, Prentice Hall, 1999) pag.705

