



## › FATIGA EN SARTA DE VARILLAS PCP

3/17/2022

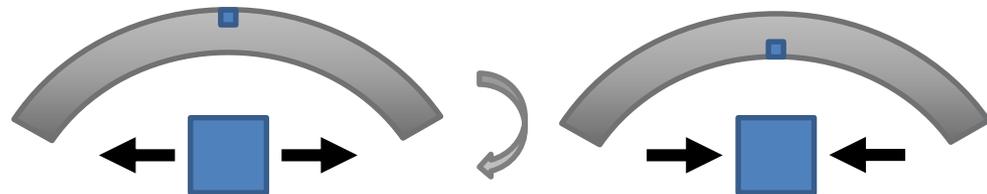
## › RESUMEN

- **Que es fatiga?**
- **Aleatoriedad de la fatiga**
- **Factores que afectan la vida a fatiga en los sistemas PCP**
- **Corrosión**
- **Esfuerzo de flexión y concentración de curvatura**
- **Estrategias para mejorar la vida a fatiga**

## › QUÉ ES FATIGA?

- Las fallas por fatiga se producen cuando las cargas son cíclicas.
- Las grietas por fatiga surgen de las imperfecciones microscópicas del material, pero sólo crecen cuando cambia la carga.
- Hay numerosos factores que pueden afectar a la fatiga
- En una aplicación PCP, la forma más significativa de carga cíclica suele ser la causada por la flexión. Cuando una varilla gira en un pozo desviado, se produce un esfuerzo de flexión alternativa con cada revolución (tensión-compresión).

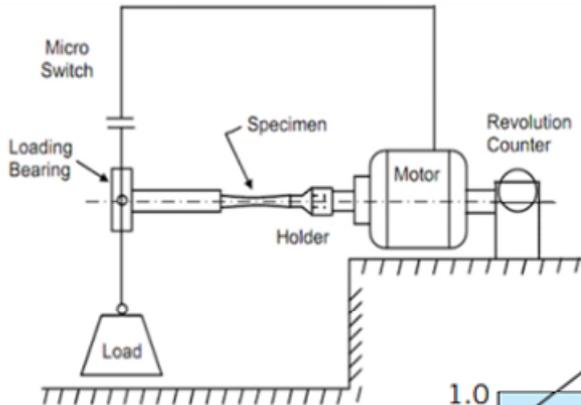
Este esfuerzo de flexión suele ser bastante pequeño en relación con el esfuerzo de torsión y tensión, pero a lo largo de millones de ciclos, puede provocar fallos por fatiga



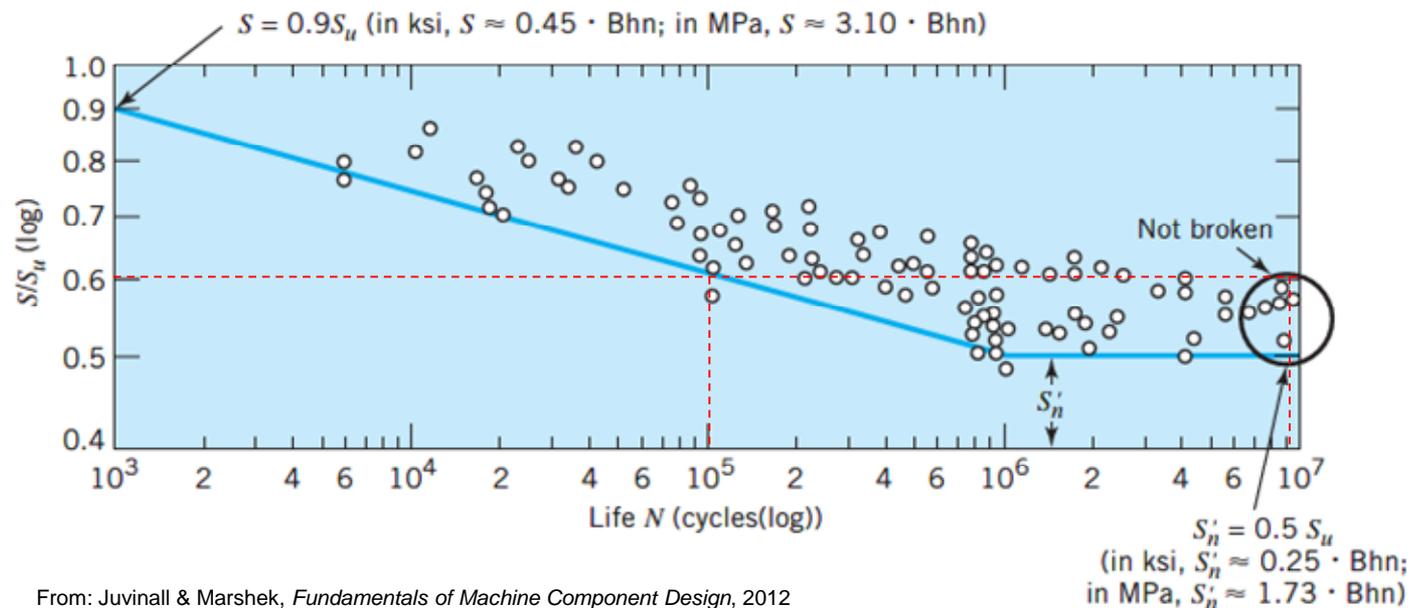
## › FALLAS POR FATIGA EN VARILLAS PCP



## ➤ LA FATIGA ES ALEATORIA



No podemos predecir cuándo se producirá un fallo por fatiga - Sólo el momento más temprano en que podría ocurrir.



From: Juvinal & Marshek, *Fundamentals of Machine Component Design*, 2012

## › FACTORES QUE AFECTAN LA VIDA A FATIGA

- Torque
- Tensión
- Diámetro de la varilla
- Diámetro del acoplamiento o centralizador
- Curvatura del pozo
- Distancia entre los cambios de diámetro
- Propiedades del material
- Corrosión
- Varilla nueva/usada

## › FACTORES QUE AFECTAN LA VIDA A FATIGA (CONT.)

- **Esfuerzo promedio**

Torque, tensión, diámetro de la varilla

- **Esfuerzos alternativos**

Esfuerzo de flexión, afectado por el diámetro de la varilla, y la curvatura efectiva en la varilla

- **Propiedades del material**

Resistencia máxima, curva S-N del material, propiedades superficiales

- **Corrosión**

- **Varillas usadas**

En aplicaciones donde la fatiga es un problema, las varillas deben ser inspeccionadas antes de reutilizarse

Registrar la vida útil acumulada puede ser difícil

## ➤ CORROSIÓN

- **Esto es un conjunto de curvas S-N**

S=esfuerzo, N=número de ciclos

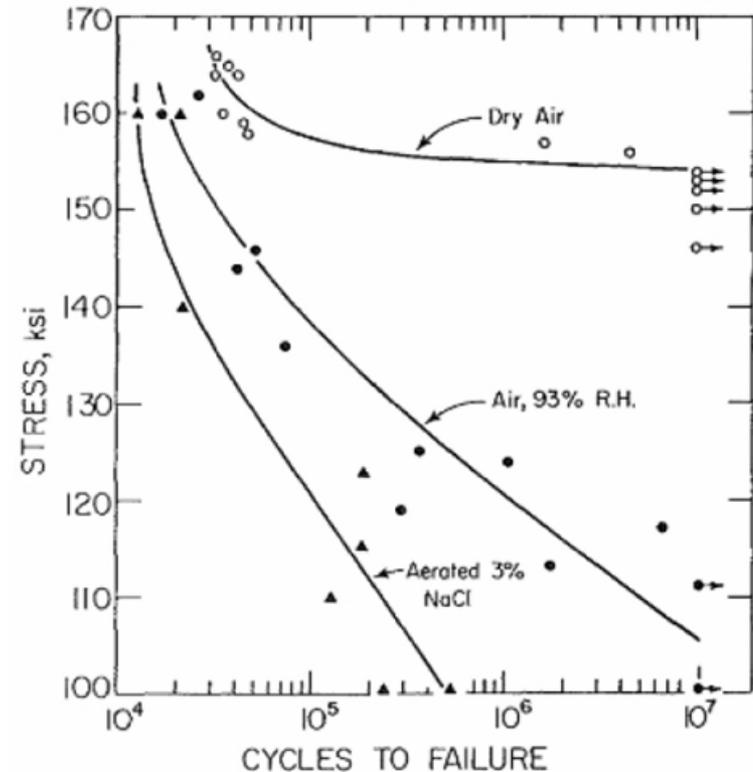
- **Hay 0 esfuerzo medio, el esfuerzo mostrado está totalmente alternando**

No es directamente aplicable a las aplicaciones PCP  
Necesita ser convertido

- **En aire seco (sin corrosión), este acero puede no tener ninguna falla por fatiga si el esfuerzo es inferior a 155 ksi**

Llamado el "límite de resistencia"

- **En entornos más corrosivos, la vida útil se reduce considerablemente y no hay límite de resistencia.**



From: McEvily, *Atlas of Stress-Corrosion Fatigue Curves*, 1990

## › ESFUERZO DE FLEXIÓN

- El esfuerzo de flexión es una función del tamaño y la curvatura de la varilla

$$\sigma_{bend} \propto E \times D \times DLS$$

- Sin embargo, el DLS del pozo no se distribuye uniformemente a lo largo de la varilla - necesitamos conocer la curvatura máxima de la varilla

- La curvatura se concentra cerca de las conexiones

Ejemplo: varillas de 1", coupling full size, DLS de 5°/30m, tensión de 20000 N: la curvatura efectiva es > 30°/30m

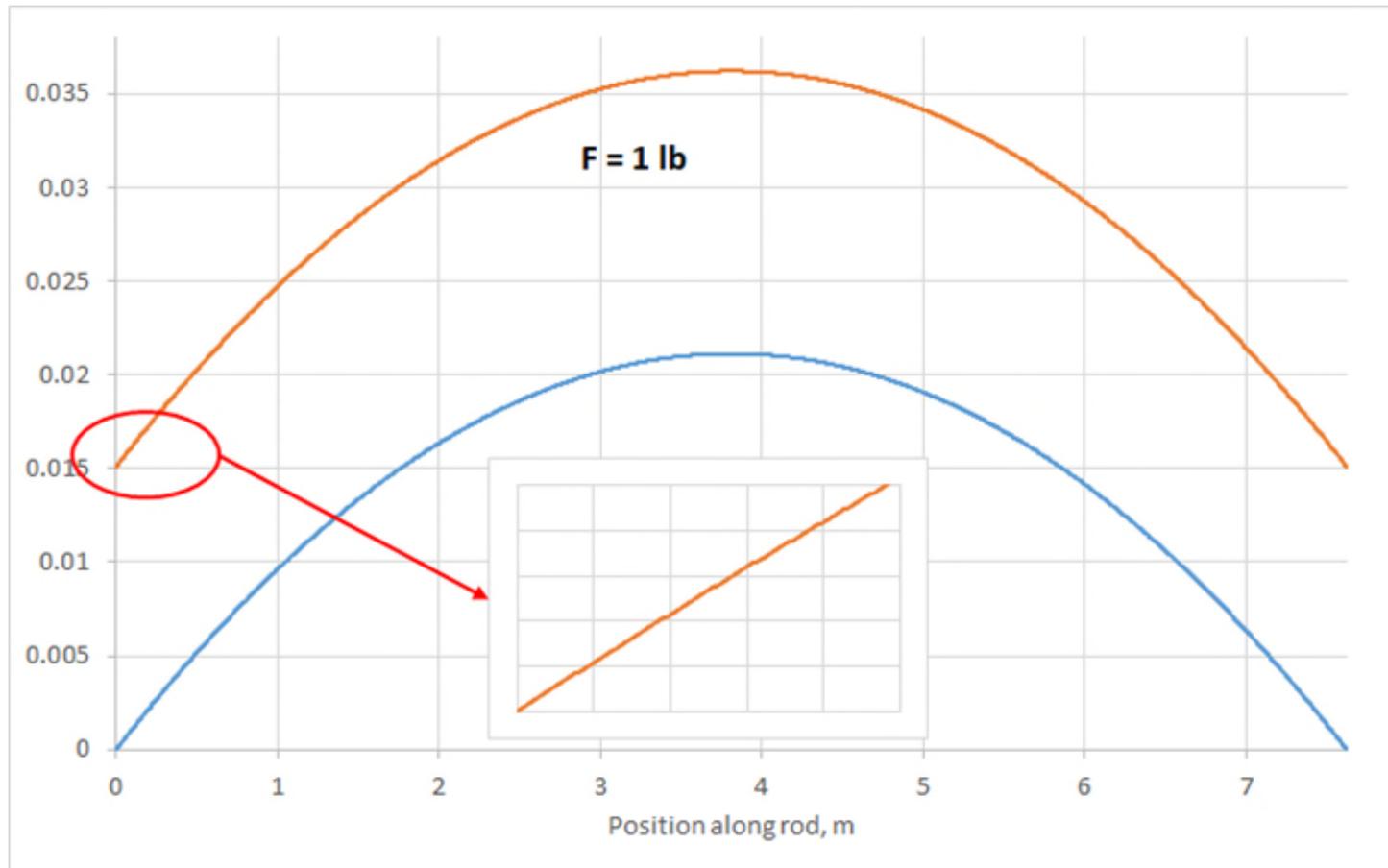
- La curvatura efectiva aumenta cuando:

Aumenta la tensión

Aumenta el tamaño del coupling/centralizador

Aumenta el espacio entre acoplamientos (o guías)

## ➤ EFECTO DE LA TENSIÓN DE LA VARILLA



## › CÓMO AUMENTAR LA VIDA A FATIGA

- **Perforar pozos más suaves!**

- **Reducir los cambios de diámetro**

Se recomienda encarecidamente la varilla continua, cuando esté disponible (o la varilla hueca)

Couplings Slimhole

Varillas con couplings reducidos (por ejemplo, varillas de 1" con pines de 7/8")

- **Reducir el espacio entre los cambios de diámetro**

Guías de varilla en el cuerpo de la varilla

Pony rods en los peores doglegs

- **Inspeccionar las varillas usadas**

O utilizar sólo varillas nuevas

- **Inhibición de la corrosión**

- **Otros factores (que hay que tener muy en cuenta):**

Tamaño de la bomba

Diámetro de la varilla

Grado de la varilla

## › FATIGA VS. DESGASTE

- **La mayoría de las cosas que podemos hacer para reducir el desgaste de la tubería también pueden ayudarnos a mejorar la vida a fatiga:**

Reducción del DLS (cuando se perforan pozos nuevos)

Varilla continua

Couplings de menor diámetro

Guías de varilla

Tubería revestida (tal vez)

- **Sin embargo, algunos pueden no ayudar a la fatiga, o incluso empeorarla:**

Rotadores de tubería

Guías de varilla de acople a presión

Centralizadores spin-through

## › EJEMPLOS

- **Crudo Extra Pesado Canadiense**

Reducción de los cambios de diámetro (ej. Varilla 1" con pin de 7/8")

Varilla continua

- **Varilla Continua en Colombia**

SPE 102744

53% de fallas en los cambios de diámetro (42% fueron en las conexiones)

Vida útil incrementada desde <100 días a ~500 días con varilla continua

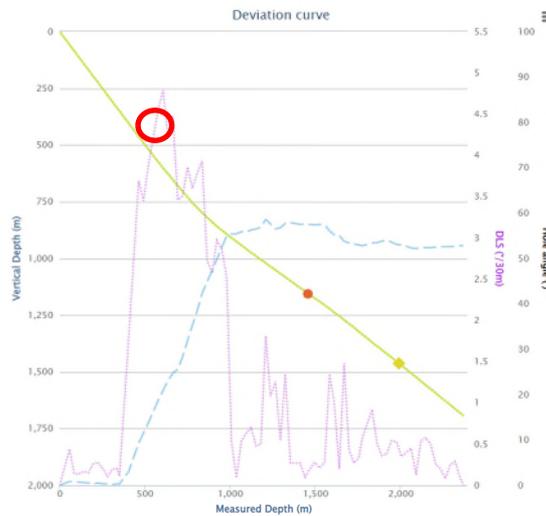
- **Varilla modificada en Colombia**

SPE 201146

Varillas de 1-1/4" con pin de 1" – en seis pozos de prueba, cinco tuvieron un incremento de vida útil respecto a sus diseños anteriores (los seis tuvieron falla en tubería, no en varilla)

## ➤ EJEMPLO

- PCM Failure Analysis (web app)
- La falla de la varilla estaba cerca de la DLS más alta del pozo



Failure Analysis Q FA202000369

Operator: [redacted] Country: [redacted]  
 Field: [redacted] Well: [redacted]

PCP brand: PCM PCP model: 24E2000  
 PCP drive system: RDCPCP PCP techno: PCM Monneau

Installation date: Feb 1, 2015 POOH date: Nov 10, 2020  
 Running days: 228 days Pump total runtime: 228 days  
 Reason for POOH: No Production

Stator material: 199 (Hard nit... Stator s/n: LJY786  
 Stator manu date: Stator condition: New  
 Stator previous run: Stator shelf life: years

Setting depth (MD): 1487 m Tubing: 3"1/2, 9.3 baffle, 3"  
 Rod: SR Sim Hole 1"1/8 Well Next Step: Replace PCP...

Rotor size: W08 Rotor s/n: AV823  
 Rotor condition: New Rotor previous run:

1 PCP System 2 Rotor 3 Stator assembly 4 Stator basepipe 5 Stator distributor 6 Stator basehass 7 Search test 8 Operations data 9 Others 10 Conclusions

### PCP System

Status \* Validated Execution date 11/21/2020 Location Completed by

Rank	System item	System observation	Comments
Rank 1 (most relevant)	Rod - Body	Broken/Fractured	Parted sucker rod (on body) due to fatigue failure
Rank 2 (less relevant)	Torque Anchor	Broken/Fractured	Broken (missing) 4 anchoring blades

General comments  
 Parted sucker rod N°73. Missing anchoring blades on torque anchor.

#### Specific controls

- Difficulties to POOH Rod String
- Parted Rod String
  - Distance from surface 560 m or ft
- Rod Centralizer Above Pony Rod
  - Material Plastic Size 3"1/2 - 1"
- Pony Rod Above Rotor
  - Length 8 ft Diameter 1"1/8
- Tubing String Leak
- Torque Anchor Spring Test at Surface Conducted
  - Test result Ok Not ok

#### Photos

File #	Description	Comments
File #VID1	Torque anchor	Failed anchoring blades
File #VID2	Stop bushing	No damage on stop bushing
File #VID3	Parted rod	
File #VID4	Observed fatigue failure on i	

PCM Failure Analysis 2020 V1.3.1

## › PREGUNTAS?

- **Contacto:** [pskoczylas@pcmals.com](mailto:pskoczylas@pcmals.com) , [mruiz@pcmals.com](mailto:mruiz@pcmals.com) , [wromero@pcmals.com](mailto:wromero@pcmals.com)

- **Referencias:**

“Drive String Fatigue in PCP Applications”, SPE 171352, by Paul Skoczylas, 2014.

“Improvement of the Well Intervention Index by the Implementation of Alternative Conventional Rod with Modified Pin in Artificial Lift Systems with Progressive Cavity Pumps Systems in Deviated Wells”, SPE 201146, by Laura Labrador et al, 2020.

“Decreasing Well Downtime in Guando Oil Field by Using Continuous Sucker Rod”, SPE 102744, by H. Ariza et al, 2006