

**MODELO DE GESTIÓN APLICADO EN LA INTERVENTORIA DEL
MANTENIMIENTO A BOMBAS CENTRIFUGAS DE PROCESO EN CAMPOS DE
PRODUCCIÓN.**

RICARDO CHICA MANTILLA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICA
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA**

2014

**MODELO DE GESTIÓN APLICADO EN LA INTERVENTORIA DEL
MANTENIMIENTO A BOMBAS CENTRIFUGAS DE PROCESO EN CAMPOS DE
PRODUCCIÓN.**

RICARDO CHICA MANTILLA

**Monografía de Grado presentada como requisito para optar el título de
Especialista en Gerencia de Mantenimiento**

Director.

MSc. GERMÁN ALFONSO OSMA PINTO

**Grupo de Investigación de Sistemas de Energía Eléctrica – GISEL
Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones - E3T
Universidad Industrial de Santander – UIS**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICA
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA**

2014

AGRADECIMIENTOS

A Dios por guiar mi camino.

A mis padres por su constante apoyo y dedicación.

A mis hermanas por su colaboración.

A familiares y amigos influyentes en mi formación Profesional y Personal.

En especial a mis colegas, amigos y profesores e ingenieros mecánicos de la especialización.

A mi director de Monografía, por su respaldo, confianza y colaboración oportuna.

Ricardo Chica Mantilla.
Ingeniero Mecánico U.T.P.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION	14
1. OBJETIVOS.	15
1.1 OBJETIVO GENERAL.....	15
1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.	15
1.3 ALCANZE.....	15
2. CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INTERVENTORIA EN EL MANTENIMIENTO	16
2.1 LA GESTIÓN DE LA INTERVENTORÍA.....	16
2.2 EL INTERVENTOR COMO GESTOR DE LA INTERVENTORÍA.....	16
2.3 NORMAS Y ESTÁNDARES EN LA INTERVENTORÍA DEL MANTENIMIENTO.....	17
2.4 APLICACIÓN DE LA GERENCIA EN LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO.	18
2.5 INTERVENTORIA APLICADA AL MANTENIMIENTO DE BOMBAS DE PROCESO.....	20
3. MARCO TEÓRICO FUNDAMENTAL EN LA GESTIÓN DE LA INTERVENTORIA.....	25
3.1 EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO EN EQUIPOS DE BOMBEO.....	25
3.2 FUNDAMENTOS BÁSICOS APLICADOS AL MANTENIMIENTO DE BOMBAS CENTRIFUGAS.....	27
3.2.1 Mantenimiento Correctivo.....	27
3.2.2 Mantenimiento de Oportunidad.	27
3.2.3 Mantenimiento Preventivo.	28
3.2.3.1 Objetivos de los programas de mantenimiento preventivo:.....	28
3.2.4 Análisis de Falla.	29
3.3 PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO DE LAS BOMBAS CENTRIFUGAS..	33

3.4 CLASIFICACIÓN DE LAS BOMBAS DE PROCESO HACIA LAS BOMBAS CENTRIFUGAS	34
3.5 COMPONENTES Y/O PARTES BÁSICAS DE LAS BOMBAS CENTRIFUGAS	42
3.6 DESEMPEÑO DE LAS BOMBAS CENTRIFUGAS.....	53
3.7 SELECCIÓN DE LAS BOMBAS.....	54
3.8 FACTORES A TENER EN CUENTA.....	60
4. MODELO DE GESTIÓN EN LA INTERVENTORIA DEL MANTENIMIENTO A BOMBAS CENTRIFUGAS.....	62
4.1 GESTIÓN DE LA INTERVENTORÍA EN EL CONTRATO DE MANTENIMIENTO.....	62
4.2 ACTAS. ¹⁰	69
4.3 INFORMES.....	72
4.4 GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN Y MANEJO DOCUMENTAL.....	76
4.5 A TENER EN CUENTA EN LOS PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO Y REPORTE DE INSPECCIÓN.....	78
4.6 ASEGURAMIENTO EN LA GESTIÓN DE INTERVENTORÍA.....	78
4.7 NIVEL DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO.....	79
5. MANTENIMIENTO APLICADO A BOMBAS CENTRIFUGAS DE PROCESO.	81
5.1 DIAGNÓSTICO GENERAL	81
5.2 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO RECOMENDADO PARA LAS BOMBAS CENTRIFUGAS.....	82
5.2.2 Inspección de rutina	83
5.2.3 Inspección Trimestral:	83
5.2.4 Inspección Anual:	84
5.3 PROBABLES FALLAS Y AVERÍAS COMUNES EN BOMBAS CENTRIFUGAS.....	88

5.4 RECOMENDACIONES PRACTICA EN LA ELABORACIÓN Y REVISIÓN DE
PROCEDIMIENTOS Y PLANES DE REPARACIÓN Y MANTENIMIENTO
GENERAL.....91
CONCLUSIONES.100
REFERENCIAS101
BIBLIOGRAFIA.....103
ANEXOS.....104

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de flujo al modelo de gestión para la interventoría de mantenimiento en bombas centrífugas de proceso.....	21
Figura 2. Marco Conceptual de las categorías del mantenimiento.	26
Figura 3. Clasificación de las bombas según el instituto de hidráulica.	35
Figura 4. Clasificación de las bombas centrífugas según API 610.....	36
Figura 5. Bomba tipo OH2	37
Figura 6. Bomba tipo OH1	37
Figura 7. Bomba tipo OH3	38
Figura 8. Bomba tipo OH4	38
Figura 9. Bomba tipo OH5	38
Figura 10. Bomba tipo OH6	38
Figura 11. Bomba tipo BB1	39
Figura 12. Bomba tipo BB2.....	39
Figura 13. Bomba tipo BB3 ⁸	39
Figura 14. Bomba tipo BB4 ⁸	39
Figura 15. Bomba tipo BB5 ⁸	40
Figura 16. Bomba tipo VS1	40
Figura 17. Bomba tipo VS2.....	40
Figura 18. Bomba tipo VS3.....	41
Figura 19. Bomba tipo VS4.....	41
Figura 20. Bomba tipo VS5.....	41
Figura 21. Bomba tipo VS6.....	41
Figura 22. Bomba tipo VS7	42
Figura 23. Componentes $\frac{y}{o}$ partes de una bomba centrífuga.....	42
Figura 24. Bomba de voluta sencilla.	43
Figura 25. Bomba de doble voluta.	43
Figura 26. Cámara de Sellado.	45

Figura 27. Cámara de sellado convencional. ⁷	46
Figura 28. Cámara de sellado con bordes internos axiales. ⁷	46
Figura 29. Cámara de sellado estándar. ⁷	47
Figura 30. Clasificación de los impulsores por forma del impulsor.	48
Figura 31. Clasificación de los impulsores por forma y modelo de los alabes. ...	49
Figura 32. Anillos de desgaste.....	51
Figura 33. Curvas Características de las Bomba Centrifugas.....	53
Figura 34. Bombas de transferencia de crudo instaladas en campo rubiales	82
Figura 35. Mapa General de Mantenimiento.....	84
Figura 36. Áreas de inspección en la carcasa Bombas Centrifugas.	94
Figura 37. Áreas de inspección en los Impulsores Bombas Centrifugas.	95
Figura 38. Áreas de inspección en los rodamientos y cajas.	97
Figura 39. Áreas de inspección en los Eje.....	98

LISTA DE ANEXOS

Anexo A.	Plan de mantenimiento bombas de transferencia	104
Anexo B.	Diagnóstico de eficiencia del mantenimiento	128
Anexo C.	Sellos mecánicos instalados en bombas centrífugas utilizadas en la industria.	136

RESUMEN

TÍTULO: MODELO DE GESTIÓN APLICADO EN LA INTERVENTORIA DEL MANTENIMIENTO A BOMBAS CENTRIFUGAS DE PROCESO EN CAMPOS DE PRODUCCIÓN. *

AUTOR: RICARDO CHICA MANTILLA. **

PALABRAS CLAVES: Gestión, Interventoría, Mantenimiento, Bombas Centrífuga.

DESCRIPCION:

Con el desarrollo del sector de los hidrocarburos y energético en nuestro país, además de la entrada de nuevas tecnologías y la implementación de los consorcios industriales; La interventoría se presenta como alternativa de control en proyecto donde los procesos de ingeniería son mandatarios en el ejercicio profesional, incluye temas normativos, aspectos técnicos y funciones delimitadas en un alcance, acompañado de la responsabilidad generada del ejercicio.

La presente monografía define los conceptos básicos en la gestión técnica y administrativa ejercida por la interventoría del mantenimiento, en las diferentes categorías (programado y no programado), aplicado en bombas clasificadas dentro del **proceso** de la industria del petróleo, petroquímica y del gas (NORMA API 610) **como Centrífugas**

La interventoría con capacidad de gestión en campos técnicos y administrativos del mantenimiento aplica las teorías desarrolladas durante la especialización en gerencia, facilitando la documentación de los procedimientos y registros consecuentes a planificar, coordinar, ejercer control y evaluar resultados (*feedback*) en las distintas inspecciones y reparaciones; brindando asesoría al contratista con el objeto de asegurar el cumplimiento de las especificaciones técnicas, administrativas y toda norma contractual definida en el alcance.

El marco teórico expone conceptos técnicos fundamentales a manejar por la interventoría donde la gestión debe tener gran experiencia y experticia. Los criterios técnicos basados en ingeniería y normas técnicas permiten emitir conceptos de alto valor ante los planes y procedimientos, institucionalizar métodos que unifiquen criterios dentro de la organización, conocimiento de los equipos y funcionamiento. El objeto es asegurar que las bombas centrífugas y el equipo de bombeo continúe desempeñando las funciones deseadas y prestando el servicio para el cual fueron diseñados y seleccionados.

* Monografía de grado

** Facultad de Ingeniería Físico – Mecánica. Especialización en Gerencia de Mantenimiento.
Director Ing. GERMÁN ALFONSO OSMA PINTO.

ABSTRACT

TITLE: MANAGEMENT MODEL APPLIED IN THE MAINTENANCE INTERVENTORY CENTRIFUGAL PROCESS PUMPS IN PRODUCTION CAMPS.*

AUTHOR: RICARDO CHICA MANTILLA. **

KEY WORDS: Management, Interventory, Maintenace, Centrifugal Pumps.

DESCRIPTION:

With the development of the hydrocarbon sector and energy in our country, and the entry of new technologies and the implementation of industry consortia; Theintervention is presented as an alternative control project where engineering processes are leaders in professional practice, including regulatory issues, technical aspects and functions defined in scope, together with the liability arising from the exercise.

This monograph defines the basic concepts in the technical and administrative management exercised by the auditing of maintenance, in different categories (scheduled and unscheduled), applied in pumps classified within the process of the oil, petrochemical and gas as Centrifuges (Standard API 610)

The intervention with managerial skills in technical and administrative fields maintenance applies the theories developed for specialization in management, facilitating the documentation of procedures and consistent records to plan, coordinate, and evaluate exercise control results (feedback) in the various inspections and repairs; providing advice to the contractor in order to ensure compliance with the technical specifications and all contractual administrative rule defined in the scope.

The framework exposes core technical concepts to manage the auditing where management must have great experience and expertise. The technical criteria based on engineering and technical standards allow deliver high-value concepts plans and procedures to institutionalize methods to unify criteria within the organization, knowledge of equipment and operation. The object is to ensure that centrifugal pumps and pumping equipment continue to perform the desired functions and providing the service for which they were designed and selected.

*Monograph

** Faculty of Physical Engineering - Mechanical. Maintenance management Specialization. Director: Eng.GERMÁN ALFONSO OSMA PINTO.

INTRODUCCION

La industria en general, especialmente el sector de los hidrocarburos, actualmente aplican modelos de mantenimiento tipo Outsourcing a equipos que intervienen en procesos productivos.

La maquinaria de proceso en general y especialmente los equipos de bombeo, se entregan a profesionales expertos en satisfacer las necesidades específicas del mantenimiento. Y es allí donde la gestión de la Interventoría en función de la organización, con capacidad de evaluar en forma permanente e independiente, recomendar en la toma de decisiones tendientes a mejorar la eficiencia y eficacia de los procedimientos, asegura y garantiza los resultados y el cumplimiento de acuerdos contractuales en lo relacionado con la gestión técnica y administrativa del mantenimiento para equipos de bombeo específicos.

La monografía presenta una interventoría con capacidad de gestión en campos técnicos y administrativos del mantenimiento bajo estrategias específicas de criticidad y operación

En términos generales, el **MODELO DE GESTIÓN APLICADO EN LA INTERVENTORIA DEL MANTENIMIENTO A BOMBAS CENTRIFUGAS DE PROCESO EN CAMPOS DE PRODUCCIÓN**, define conceptos de carácter técnico y administrativo ejercidos en un contrato de mantenimiento; permiten documentar procedimientos y registros consecuentes a coordinar inspecciones y reparaciones, ejercer control y evaluar resultados (*feedback*); brindando asesoría al contratista con el objeto de asegurar el cumplimiento a las especificaciones técnicas y administrativas contractuales definidas por el cliente y pactadas en un contrato.

1. OBJETIVOS.

1.1 OBJETIVO GENERAL.

Diseñar un modelo de gestión aplicado en la interventoría del mantenimiento a bombas centrífugas de proceso utilizadas en campos de producción.

1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- Definir los conceptos de interventoría en actividades técnicas y administrativas ejercidas en el mantenimiento en bombas centrífugas.
- Definir conceptos teóricos fundamentales en la gestión de la interventoría.
- Presentarla interventoría como alternativa de control en la gestión de proyectos de mantenimiento.
- Presentar información necesaria en la evaluación y control de la gestión del mantenimiento con el objeto de definir cuál es eficiente en aplicación, planificación y productividad, definir procedimientos, registros, etc., en el desarrollo del mantenimiento a bombas centrífugas.

1.3 ALCANZE

La monografía titulada **MODELO DE GESTIÓN APLICADO EN LA INTERVENTORIA DEL MANTENIMIENTO A BOMBAS CENTRIFUGAS DE PROCESO EN CAMPOS DE PRODUCCIÓN** presentada como requisito para optar al título de especialista en gerencia de mantenimiento, limita su aplicación a la gestión técnica y administrativa ejercidas al mantenimiento, en las diferentes categorías (programado y no programado), de bombas clasificadas dentro del proceso de la industria del petróleo, petroquímica y del gas(NORMA API 610)como Centrífugas.

2. CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INTERVENTORIA EN EL MANTENIMIENTO

2.1 LA GESTIÓN DE LA INTERVENTORÍA.

Con el desarrollo del sector hidrocarburos y energético en nuestro país, además de la entrada de nuevas tecnologías y la implementación de los consorcios industriales, la interventoría se presenta como alternativa de control en todo proyecto donde los procesos de ingeniería son mandatarios en el ejercicio profesional, incluidos temas normativos, aspectos técnicos y funciones delimitadas en un alcance, acompañado de algo muy importante como es la responsabilidad generada del ejercicio.

Es así, como en la bibliografía encontramos términos que definen interventoría como una actividad mediadora, participativa, que está en medio y a favor del proceso. El rol de la interventoría consiste en verificar, controlar, asegurar y evaluar las acciones del contratista dirigidas al cumplimiento de las especificaciones y normas técnicas; las actividades administrativas, legales, presupuestales y financieras definidas en el contrato celebrado y ejercidas a partir de la firma hasta la liquidación establecida en los términos y condiciones contratadas.

2.2 EL INTERVENTOR COMO GESTOR DE LA INTERVENTORÍA.

Reconocido como el inspector y asegurador del proceso por parte del cliente en la ejecución del proyecto o contrato a desarrollar. La gestión del interventor es vital, ya que de su profesionalismo depende la calidad y buena relación que se debe mantener entre el cliente y el contratista; los buenos resultados ofrecidos por el contratista satisfacen las necesidades del mantenimiento o reparación contratada,

así como el control técnico, administrativo, financiero y legal de acuerdo con el alcance definido en el contrato.

El interventor es un profesional idóneo, con amplios conocimientos de bombas y equipos de bombeo, con la experiencia y perfil ajustado al rol de la interventoría. Para tal efecto, el interventor deberá tener en cuenta que su perfil profesional se ajuste al objeto del contrato, así como la disponibilidad y logística para desarrollar las funciones.

2.3 NORMAS Y ESTÁNDARES EN LA INTERVENTORÍA DEL MANTENIMIENTO

En la investigación realizada por el arquitecto Sánchez^{1,2} vemos el recuento de todas las leyes que existen en Colombia, enfocadas y aplicadas al ramo de la construcción en el sector público y privado, en donde se consagran las funciones y responsabilidades inherentes a los interventores.

Para el caso, la presente monografía enfatiza a la ley 80 de 1993: “Por la cual se expide el Estatuto General de Contratación de la Administración Pública”, y sus Decretos Reglamentarios. El artículo 32 describe los contratos estatales y los define de la siguiente manera: “Son contratos estatales, todos los actos jurídicos generadores de obligaciones que celebren las entidades a que se refiere el estatuto, y que están previstos en el derecho privado o en disposiciones especiales, o derivados del ejercicio de la autonomía de la voluntad”^{2,3}.

²¹ SÁNCHEZ, Julio C. Interventoría de proyectos y obras. Línea editorial investigaciones [online]. 2010. Vol. 1. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, 2010. P. 23.

² COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPUBLICA. Ley 80 de 1993. (28 de Octubre, 1993). Por la cual se expide el Estatuto General de Contratación de la Administración Pública. Bogotá D.C. 1993. Capítulo III, artículo 32.

En consecuencia a los principios de los seres humanos, las normas y leyes que regulan y en las cuales se fija el desarrollo de cualquier actividad, debe basarse en la responsabilidad social compartida, buscando equilibrio entre las dimensiones económica, social y ambiental.

El estilo de la monografía evoca los llamados contrato de *outsourcing*; el cual es un modelo de contrato mediante el cual se regula la subcontratación de servicios. Por tanto, es un contrato que consiste en la realización por parte de una empresa o profesional los trabajos, oficios y funciones encomendados por el cliente que contrata para la construcción, mantenimiento, instalación y en general, para la realización de cualquier trabajo material sobre bienes inmuebles, cualquiera que sea la modalidad de ejecución y pago.

2.4 APLICACIÓN DE LA GERENCIA EN LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO.

El mantenimiento es una disciplina integradora que garantiza la disponibilidad, funcionalidad y conservación del activo a costo competitivo. En la gestión del mantenimiento es importante definir los objetivos a alcanzar, es necesario monitorear el progreso alcanzado en el proceso a través de la observación y comparación en el tiempo, donde los parámetros e indicadores definen claramente el grado de calidad desde un criterio objetivo^{3,4}.

Es necesario evaluar y controlar la gestión del mantenimiento, saber cuál eficiente es en aplicación, planificación y productividad dentro de la industria; información que permite actuar de forma rápida y precisa sobre los factores débiles. Lo cual conlleva a estudiar, analizar e implementar un paquete de indicadores calificadores acorde a la necesidad de la organización³.

⁴³KARASSIK, Igor. Bombas centrifugas, Selección Operación y Mantenimiento, 3 ed. México: Mc Graw Hill. 1971. p. 15

Actualmente, el direccionamiento estratégico y operacional del mantenimiento es una función principal e indelegable y desarrollada de manera directa por el cliente. Los procesos de planeación de largo plazo, la gestión de inventarios y la validación de iniciativas de inversión dentro de la gestión del mantenimiento y la confiabilidad operacional, deben ser direccionados, ejecutados y asegurados por el cliente.

La ejecución del mantenimiento, tanto correctivo y preventivo en equipos críticos, esenciales y de soporte (*back up*), se desarrolla través de la opción de contratación del mantenimiento; buscando la estandarización de los procedimientos de trabajo seguro, intercambiabilidad de equipos, partes y repuestos, la optimización de inventarios y costos, intervención de equipos y procesos sosteniendo la confiabilidad.

Un modelo contractual “Contrato de mantenimiento” define el esquema en la relación entre cliente y contratista durante el desarrollo del contrato de mantenimiento, donde se estipula que los activos objeto de mantenimiento son del cliente y serán intervenidos por el contratista. El alcance del contratista es precisamente el de mantener los activos bajo las perspectivas del cliente.

En el ciclo de los gestores de obra Cliente–Interventoría–Contratista, el ROL principal de la interventoría se define dentro de la propuesta como:

- La gestión de terceros, en representación de una de las partes, por lo cual debe nacer de una identidad de grupo ante un propósito común.
- El representante legal del cliente ante el contratista con la función de hacer cumplir el objeto del contrato.

La gestión en la interventoría técnica comprende actividades de revisión, seguimiento y aseguramiento a la calidad durante el desarrollo del contrato de

mantenimiento; cumplimiento de las especificaciones técnicas y buenas prácticas conforme a las cuales los componentes y repuestos deben ser suministrados, reparados, fabricados e instalados y las actividades que aseguren el soporte documental de los aspectos técnicos del contrato para garantizar el normal desarrollo y certificación a conformidad con toda la normativa que le sea aplicable.

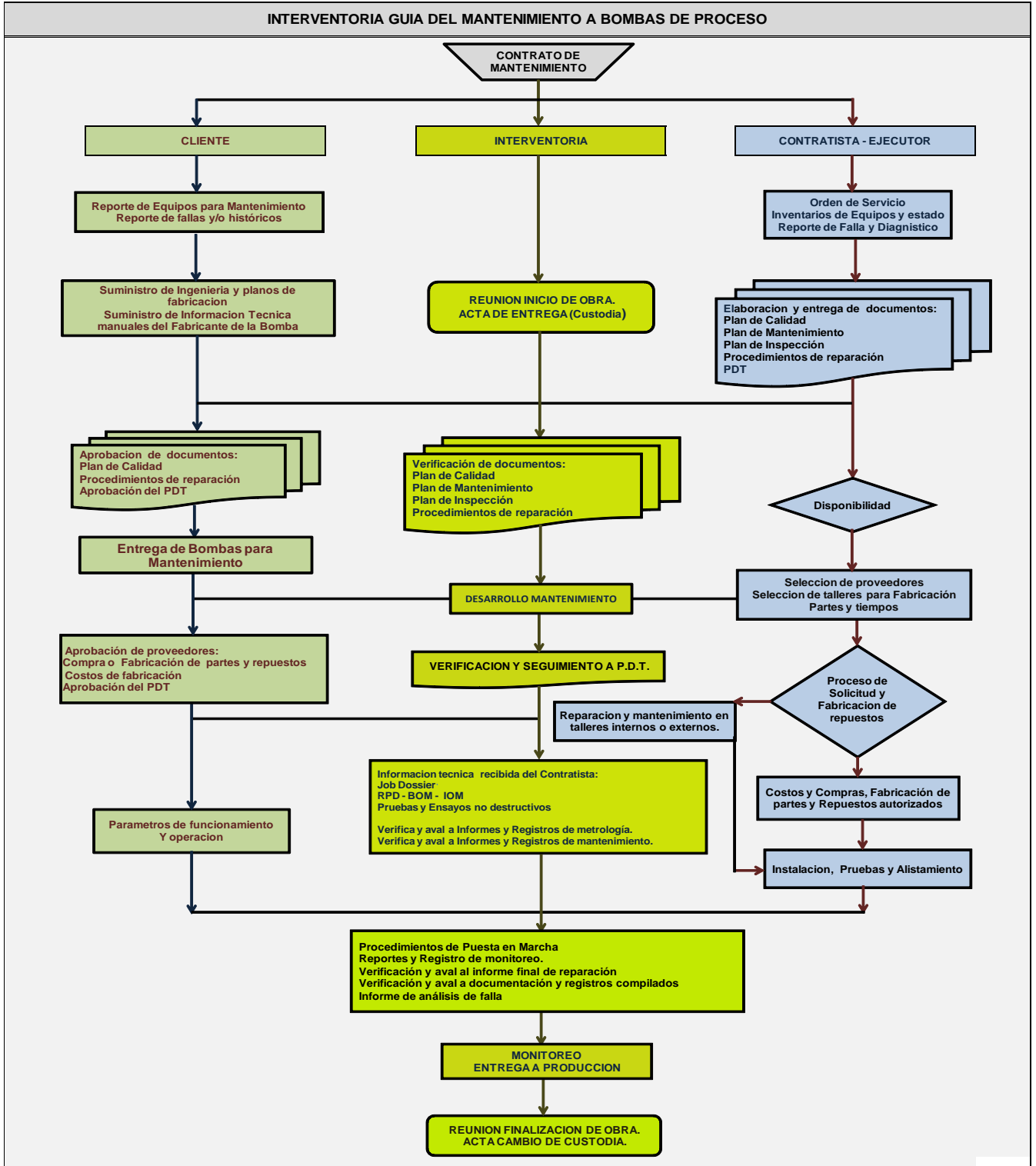
La gestión en la interventoría administrativa asegura el seguimiento y verificación del cumplimiento de la normativa legal (tributaria, laboral, comercial, etc.), los aspectos de higiene, seguridad, salud ocupacional, medio ambiente y los elementos financieros del contrato (anticipos, pagos anticipados, pagos parciales, reembolsos); para garantizar el normal desarrollo del contrato y su conformidad con toda la normativa externa e interna que le sea aplicable. La interventoría, en su rol administrativo, debe estar atenta al cumplimiento de las obligaciones de los contratistas frente al sistema de seguridad social integral y parafiscales durante la vigencia del contrato, de acuerdo con lo presentado en el artículo 50 de la Ley 789, en el cual se consagra que el eventual incumplimiento constituye causal para la imposición de multas sucesivas^{4,5}.

2.5 INTERVENTORIA APLICADA AL MANTENIMIENTO DE BOMBAS DE PROCESO

El diagrama presenta la propuesta técnica de la monografía; el modelo de gestión para la interventoría de mantenimiento en bombas centrífugas de proceso.

⁵⁴ COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPUBLICA. Ley 789 de 2002. (27 de Diciembre de 2002). Por la cual se dictan normas para apoyar el empleo y ampliar la protección social y se modifican algunos artículos del Código Sustantivo de Trabajo. Bogotá D.C. 2002. Art. 50 modificado parcialmente por el artículo 1 de la Ley 828 de Julio 10 de 2003

Figura 1. Diagrama de flujo al modelo de gestión para la interventoría de mantenimiento en bombas centrífugas de proceso.



En el modelo de la monografía; la integración “cliente–interventoría–contratista” conforma el quipo coordinador del mantenimiento desde el punto de gestión de cada actor, donde se caracterizan los procesos y metodologías aplicables en cada etapa del mantenimiento.

Para efectos de la monografía, el diagrama propone al equipo coordinador del mantenimiento, en una estructura organizacional plana con funciones propias y definidas en el proceso y plan de calidad.

Los gestores inician el proceso de mantenimiento después de celebrado del contrato y continua el momento hasta el primer comité formal e institucional con interventoría “reunión de inicio de obra y elaboración del acta de entrega en custodia de los equipos”, donde el cliente entrega los equipos acompañados de información técnica. Se prolonga hasta el momento en que el equipo es reparado y comisionado se realiza la entrega formal del contratista al cliente (cambio de custodia).

El gestor del cliente es un funcionario encargado de garantizar la ejecución exitosa del contrato de mantenimiento, mediante el seguimiento permanente a su ejecución, con la suficiente autoridad para tomar acciones inmediatas y oportunas cuando se presenten desviaciones en las obligaciones contractuales que generen control de cambios en el contrato. El gestor reporta al administrador del contrato^{5.6}

El contrato, es el documento donde el cliente y contratista acuerda los términos para el desarrollo del mantenimiento, especifica el objeto y alcance basados en las metas, directrices e indicadores de producción, precisa las normas y especificaciones técnicas a cumplir, así como los entregables para la debida liquidación del mismo. Es el documento base del proceso, porque en él se

⁶⁵ AL-JAZARI, Ibn al-Razzaz. El libro del conocimiento de los dispositivos mecánicos ingeniosos (Kitab fi ma rifat al-hiyal al-handasiyya). Traducción de Donald Hill, Dordrecht Publishing Company , 1974

denotan los acuerdos administrativos, económica y técnicos celebrado entre el cliente y el contratista.

La interventoría, según concepto descrito con anticipación en esta monografía, es el gestor encargado de verificar, controlar, asegura y evaluar la ejecución del contrato en el aspecto técnico, administrativo, financiero y legal de manera tal que se asegure el idóneo y eficaz cumplimiento del alcance definido en el contrato.

El contratista es el actor encargado de la gestión técnica y operativa del mantenimiento a los equipos de bombeo, entregados por el cliente bajo una orden de servicio por medio de la cual el contratista realiza su aparición en el proceso después de firmado el contrato. Ejecutar el objetivo de contrato, controlar la calidad y elaborar los entregables son las funciones propias del ejercicio del gestor del mantenimiento.

Los entregables y documentos propios elaborados durante la ejecución del contrato, se compilan por el personal de calidad del contratista en el bien llamado dossier, donde se archiva:

- Las actas numeradas con el respectivo consecutivo e indicando fecha y lugar de elaboración, número y objeto del contrato, constancia sobre la verificación de cumplimiento de los requisitos legales y contractuales, constancia sobre la verificación de cumplimiento de las actividades previas, fecha efectiva de inicio, ejecución y finalización de contrato, nombre y firma de los participantes.
- Información técnica - ingeniería - planos de fabricación - manuales del fabricante – dossier de construcción y todos los documentos entregados por el cliente.
- Los planes de calidad – mantenimiento – inspección y los procedimientos de procura – reparación – ensayos y pruebas – informes y todo documento

relacionado al cumplimiento, aseguramiento y control de la calidad, con el respectivo aval y trámite ante el cliente y gestor encargado de realizar las debidas aprobaciones

3. MARCO TEÓRICO FUNDAMENTAL EN LA GESTIÓN DE LA INTERVENTORIA.

3.1 EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO EN EQUIPOS DE BOMBEO.

La idea del mantenimiento aplicado a bombas y especialmente a equipos de bombeo está cambiando. Los cambios son debidos a la adopción de tecnologías inteligentes en los equipos, mayor complejidad en la maquinaria, nuevas técnicas de mantenimiento y un nuevo enfoque en la organización.

El mantenimiento está reaccionando ante nuevas expectativas, incluye mayor importancia en aspectos de seguridad y medio ambiente, conocimiento creciente en la conexión entre mantenimiento - calidad y producción, aumento de la presión ejercida para conseguir alta disponibilidad, al mismo tiempo que optimizar el recurso. Frente a esta avalancha de cambios el personal que dirige el mantenimiento busca nuevos caminos, quiere evitar equivocarse cuando se toma alguna acción, encontrar un marco de trabajo estratégico que sintetice las nuevas técnicas en un modelo coherente que pueda ser evaluado racionalmente y aplicar aquellos que sean de mayor valía en las estrategias de la compañía.

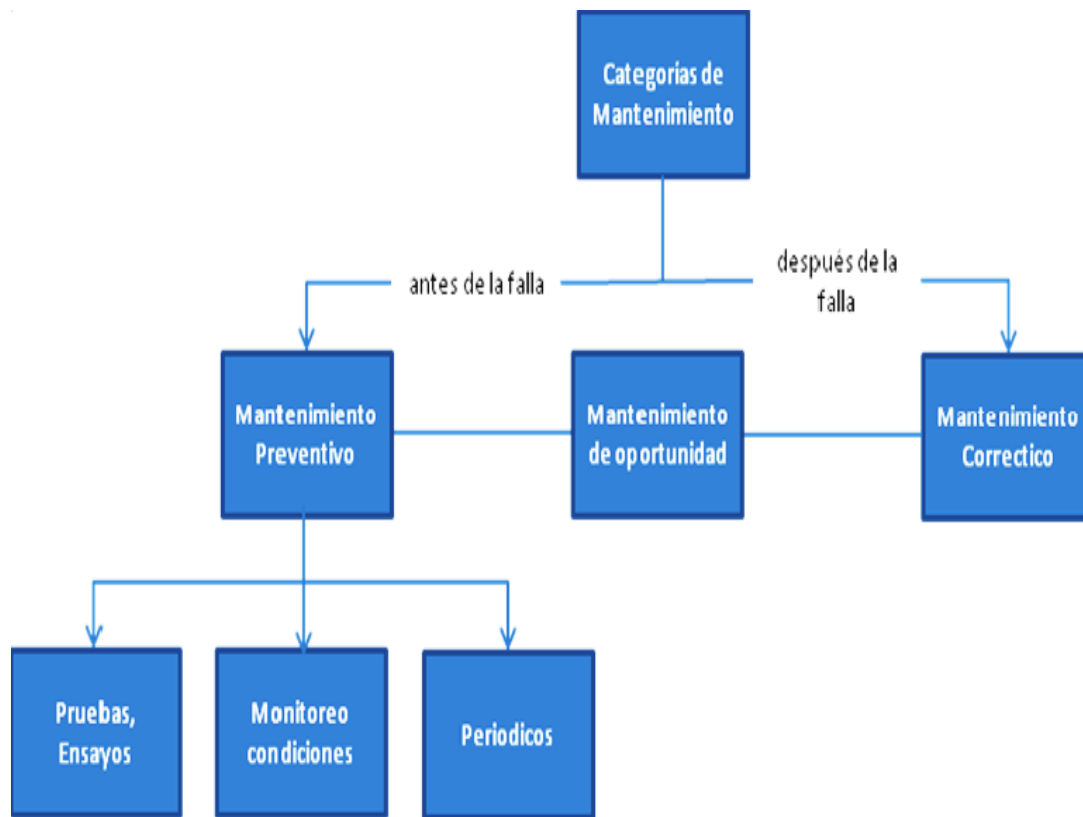
La monografía presenta un modelo de gestión, donde, todo equipo de bombeo por su importancia en el proceso de producción debe disponer mínimo de otro equipo respaldo (*back-up*) con las mismas característica y capacidad incorporada (confiabilidad inherente)^{6,7}.

El mantenimiento es asegurar que todo elemento físico continúe desempeñando las funciones deseadas. De acuerdo al estándar ISO 14224:2006, *Petroleum*,

⁷⁶ Moubray, J., y Maintenance, C. Mantenimiento centrado en Confiabilidad (RCM). Traducido y Adaptado por Carlos Mario Pérez J. Segunda edición. 2004. P. 26.

petrochemical and natural gas industries Collection and exchange of reliability and maintenance data forequipment, se definen las clases de mantenimiento según clasificación adoptada en esta monografía.

Figura 2. Marco Conceptual de las categorías del mantenimiento.



Fuente: ThePetroleum and natural gas industries - Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment Revision of first edition ISO 14224:1999

El marco teórico expone conceptos técnicos fundamentales a manejar por la interventoría y es donde el interventor debe tener gran experiencia y experticia. Los criterios técnicos basados en ingeniería y normas técnicas permiten emitir conceptos de alto valor ante los planes y procedimientos, institucionalizar métodos que unifiquen criterios dentro de la organización, criterios aplicables en la lógica

operacional, conocimiento de los equipos y sus funcionabilidad. Son los mismos parámetros que se aplican a diario dentro del mantenimiento, pero sistematizados para obtener mayor uniformidad en el proceso. La monografía así diseñada, puede ser un buen punto de partida para que posteriormente sea afinada y retocada con aportes de mayor nivel.

3.2 FUNDAMENTOS BÁSICOS APLICADOS AL MANTENIMIENTO DE BOMBAS CENTRIFUGAS.

3.2.1 Mantenimiento Correctivo. Mantenimiento referenciado en los manuales, guías y documentos entregados por los fabricantes de bombas, quienes han seguido las recomendaciones documentadas en el Instituto Hidráulico, y todas las normas API de acuerdo al tipo de aplicación de las bombas.

El mantenimiento correctivo, denominado como mantenimiento no programado realiza la reparación de la falla inmediatamente después de presentada. Afecta el plan de producción debido a que la parada es inmediata y sorpresiva.

El manejo del concepto de mantenimiento correctivo es de gran importancia en el desarrollo de la presente monografía, acompañado de los monitoreo y rutinas de mantenimiento basado en condición CBM, determinan el estado y proyectan la salida de operación de los equipo; las alarmas generadas por mantenimiento deben ser atendidas por producción, en la disposición del equipo el cual es cubierto por el equipo back-up cuando este es intervenido.

3.2.2 Mantenimiento de Oportunidad. El mantenimiento de oportunidad es el que se realiza aprovechando, las paradas o periodos de no operación de los equipos para realizar las reparaciones, revisiones o actividades de mantenimiento necesarias para garantizar el buen funcionamiento de los equipos en el nuevo

periodo de utilización, evitando de este modo parar equipos o las instalaciones cuando están en operación.

3.2.3 Mantenimiento Preventivo.El tradicional mantenimiento preventivo se basa en el concepto de prevenir la falla antes de que ocurra. Son series de actividades realizadas para prevenir y detectar condiciones que lleven a interrupciones en la producción, averías y deterioro acelerado del equipo.

Las actividades realizadas en los mantenimientos preventivos, ejecutadas en un paro programado y basadas en análisis cíclicos, deben garantizar la confiabilidad del equipo hasta la próxima intervención.

3.2.3.1 Objetivos de los programas de mantenimiento preventivo:

- Minimizar las fallas imprevistas del equipo
- Prolongar la vida útil del equipo
- Incrementar la eficiencia, calidad y seguridad de la operación del equipo
- Minimizar gastos de reparaciones de emergencia
- Minimizar riesgos para el personal, el equipo y el ambiente

Durante los últimos años y a raíz de los cambios en los conceptos de mantenimiento, el preventivo evoluciona a mantenimiento basado en condición (CBM), con enorme atención entre Gerentes y/o Jefes de Operaciones Industriales (tanto de mantenimiento como de producción) y personal de ingeniería de mantenimiento.

El mantenimiento predictivo o basado en la condición inspecciona los equipos a intervalos regulares y tomar acción para prevenir fallas o evitar consecuencias por las mismas. Incluye tanto las inspecciones objetivas (con instrumentos) y subjetivas basada en experiencias y conceptos técnicos.

Dentro del proceso de decisión, marco de las estrategias de mantenimiento Proactivo, se prioriza el CBM sobre el reacondicionamiento cíclico y sobre la sustitución cíclica. Esto debido a que el CBM trabaja bajo condiciones de “certeza” de falla, buscando avisos o señales físicas ciertas de que va a producirse la falla, mientras que las tareas preventivas se basan en datos estadísticos.

Según Sueiro^{7,8} existen dos formas clásicas de prevenir la falla funcional, ambas son “Mantenimiento Pro-Activo”: hago algo antes de que la falla me haga algo.

1. Mantenimiento Preventivo o Cíclico: Independiente de la Condición en la que se encuentre el Componente (parte) a mantener en el momento de la intervención se realiza el cambio solo por cumplimiento del ciclo establecido. Conceptos fundamentales de RCM2 en que no todos los componentes (mecánicos, eléctricos, electrónicos, etc.) se comportan de acuerdo con el patrón de falla de vida útil o sea que no siempre la probabilidad de falla aumenta, cuando el elemento envejece⁷.

2. Mantenimiento Predictivo o “A Condición”: El cambio del Componente (parte) a mantener se realiza después de verificada la condición y sólo si dicha condición indica que la reparación es necesaria⁷.

En ambos casos, se busca restaurar o cambiar el elemento que produce el modo de falla antes que la misma se presente⁷. El fabricantes de bombas referencia en los manuales de Instalación -Operación -Mantenimiento las rutinas de mantenimiento como guías.

3.2.4 Análisis de Falla. Es el procedimiento sistemático para encontrar él ¿cuándo? ¿Dónde? ¿Cómo? y ¿por qué? el componente falló, con el fin de evitar su recurrencia y prevenir fallas en componentes similares.

⁸⁷ SUEIRO, Guillermo. Mantenimiento basado en la condición (CBM). [online]. En: Tecnología y Mantenimiento (s.f.).

Definición de Falla: Cualquier cambio en dimensión, forma, propiedades del material, la microestructura de un componente ó un equipo que afecte la capacidad de desempeñar una función específica para la cual fue diseñado.

Fallo o Modo de fallo: define la forma como un componente o mecanismo puede fallar potencialmente “modo de fallo potencial” al momento de satisfacer el propósito de diseño, el proceso, el requisitos de rendimiento y/o las expectativas del cliente. Los modos de fallo potencial deben describirse en términos “físicos” o técnicos. Un fallo puede no ser detectable inmediatamente, es un aspecto importante a considerar y por tanto no debería nunca pasarse por alto.

Objetivo del análisis de fallas.

1. Determinar el mecanismo de falla.
2. Identificar la causa raíz.
3. Evitar fallas repentinas de alto impacto.
4. Realizar acciones correctivas y preventivas.

Reglas del análisis de falla.

1. El objetivo es determinar las causas probables de falla.
2. Tener siempre mente abierta, no involucrarse.
3. La teoría debe concordar con la evidencia.
4. La solución simple, es siempre la mejor solución.
5. Una solución errada es peor que no tener solución.
6. Los incidentes graves provienen de detalles pequeños.
7. Peor que tener una grieta creciendo es no saber que existe.
8. Las grietas nunca disminuyen ni desaparecen.

Causas de las fallas

1. Falla por el material.
2. Por un error humano del personal de operación.
3. Por un error humano del personal de mantenimiento.
4. Anomalías externas.

Las fallas se generan por una o la combinación de las anteriores causas, lo que complica en cierto modo el estudio de la falla, el determinar la causa principal y cuales tuvieron una influencia menor en el desarrollo de la avería.

Se considera fallas por material cuando un componente o mecanismo, trabajando en condiciones adecuadas y normales, queda imposibilitado para prestar el servicio por alguna de las formas, entre ellas:

- **Por Desgaste:** Cuando el componente pierden las cualidades de uso; cada vez que entran en servicio pierden una pequeña porción de material. Es el caso de los cojinetes.
- **Por Rotura:** Por cargas de tracción, compresión o torsión el material del componente sobrepasa el límite elástico y se produce la rotura que pueden ser dúctiles o frágiles (dependiendo de la existencia de deformación durante el proceso de rotura). La cerámica en condiciones normales presenta roturas frágiles, mientras que el aluminio presenta rotura dúctil.

Etapas del análisis de falla

1. Recolección de información y selección de muestras, históricos de servicio del componente o mecanismo fallado
 - Condiciones ambientales y operacionales antes y durante la ocurrencia de la falla (registros, involucrados, testigos, etc.).
 - Reportes de mantenimiento realizados.
 - Reportes de fabricación o especificaciones de compra etc.
 - Relato detallado de los sucesos antes, durante y después de la falla. (Hora - Operarios y las actuaciones que se llevaron a cabo en todo momento).
 - La calidad de la información esencial.
 - Simplifica el trabajo del analista.
 - Información parcial obliga al analista a deducir las condiciones de servicio

- Una interpretación errónea puede ser más peligrosa que la ausencia de información misma.

2. Inspección visual y macrofotografías de la falla (evaluación preliminar)

Inspección visual

- Amplia cobertura.
- Excelente profundidad de campo.
- Identificar cambios sutiles de color y textura.
- Antes de cualquier proceso de limpieza o corte.
- Observar las superficies de fractura y los patrones de agrietamiento.
- Registrar características relevantes dimensiones de las piezas, usar dibujos o bosquejos.

3. Evaluación preliminar de la parte fallada – hipótesis.

4. Inspección del componente por métodos no destructivos.

Ensayos no destructivos: Identifica grietas superficiales y/o internas, discontinuidades, cambios micros estructurales.

- Líquidos penetrantes
- Partículas magnéticas
- Ultrasonido
- Corrientes de Eddy
- Radiografía (defectos internos)

5. Identificación y preservación de las muestras

Selección: identificar partes o componentes a ser analizados en laboratorio

Preservación: Prevenir que la evidencia sea destruida o enmascarada durante el transporte

Se puede inducir daño a la evidencia:

- Remoción del componente fallado
- Manipulación de la superficie de fractura
- Tocar la superficie de fractura con los dedos
- Transporte de las partes fracturadas

Limpiar las superficies solo cuando sea requerido, sacar con aire a baja presión no remover material extraño.

Lavar con agua, secar completamente, lavar con acetona, o alcohol antes de ser recubierta con un desecante

Selección de muestras para diferentes pruebas

- La muestra debe ser representativa de la falla
- Corte de probetas
- Pruebas en el laboratorio
- No alterar superficies de fractura o enmascarar evidencias
- Apertura de grietas secundarias
- Registrar sitio de extracción

6. Pruebas, análisis y ensayos de laboratorio

Examen visual macroscópico

Inspección visual y con lupa 200x

Identificar el sistema de esfuerzos que produce la falla

Selección y preparación de muestra para metalografía

3.3 PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO DE LAS BOMBAS CENTRIFUGAS

Las Máquina hidráulica es una variedad de las máquinas de fluidos, emplean para su funcionamiento las propiedades de un fluido incompresible o que se comporta como tal, debido a que la densidad en el interior del sistema no sufre variaciones importantes; idealmente en las máquinas hidráulicas el fluido experimenta un proceso adiabático, es decir no existe intercambio de calor con el entorno.

Las Bombas centrífugas también llamadas Rotodinámicas, son máquinas hidráulicas que transforman la energía mecánica en energía cinética. Al incrementar la energía del fluido, se aumenta presión, velocidad y altura, todas ellas relacionadas según el principio de Bernoulli.

Dicho en otras palabras; Una bomba centrífuga es una máquina hidráulica tipo radial utilizada para aumentar la energía a un fluido procedente de una energía mecánica puesta en el eje por medio de un motor

En general una bomba se utiliza para incrementar la presión de un líquido añadiendo energía al sistema hidráulico, mover el fluido de una zona de menor presión o altitud a otra de mayor presión o altitud. El fluido entra por el centro del impulsor, donde se dispone de los álabes que impulsan el fluido por efecto de la fuerza centrífuga, la carcasa o cuerpo de la bomba, por su forma, conduce el fluido hacia la línea de salida o hacia el siguiente rotor.

3.4 CLASIFICACIÓN DE LAS BOMBAS DE PROCESO HACIA LAS BOMBAS CENTRIFUGAS

En el ejercicio de la interventoría de deben tener criterios técnicos muy claros, especialmente en los tipos de bombas y la aplicación dentro de la industria. Esta monografía presenta las diferentes clases de bombas existentes y el Instituto Hidráulico de E.U.A. las clasifica (Figura 3) teniendo en cuenta la forma cómo el fluido se desplaza dentro de los elementos de la bomba.

Los equipos donde el fluido se desplaza a presión dentro de una carcasa cerrada como resultado del movimiento de un pistón o embolo se le denominan “bombas de desplazamiento positivo”, mientras que los equipos en donde el fluido es desplazado por el movimiento circular de uno(s) impulsores provistos de alabe se les denomina “Bombas Centrífugas” y son estas últimas a las que se hará referencia la presente monografía.

CLASIFICACIÓN DE LAS BOMBAS SEGÚN EL INSTITUTO DE HIDRÁULICA.

Figura 3. Clasificación de las bombas según el instituto de hidráulica.

BOMBAS	DESPLAZAMIENTO POSITIVO	RECIPROCANTES	PISTON EMBOLO	DOBLE ACCION	SIMPLE DOBLE	VAPOR	
				SIMPLE ACCION DOBLE ACCION	SIMPLE DOBLE	POTENCIA	
			DIAFRAGMA		SIMPLE MULTIPLE	OPERADA P/FLUIDO, OPERADA	
			ROTOR SIMPLE	ASPAS			
				PISTON			
				MIEMBRO FLEXIBLE			
	ROTOR MULTIPLE	TORNILLO					
		ENGRANAJES					
		LOBULOS					
		BALANCINES TORNILLOS					
	DINAMICAS	CENTRIFUGAS	FLUJO RADIAL		AUTOCEBANTES, CEBADAS		
			FLUJO MIXTO	SIMPLE SUCCION DOBLE SUCCION		UNIPASO, MULTIPASO	IMPULSOR ABIERTO IMPULSOR SEMIABIERTO IMPULSOR CERRADO
				FLUJO AXIAL	SIMPLE SUCCION		UNIPASO, MULTIPASO
PERIFERICAS		UNIPASO		AUTOCEBANTES CEBADAS P/MEDIOS EXTERNOS			
		MULTIPASO					
ESPECIALES			ELECTROMAGNETICAS				

Cortesía the "HydraulicInstitute" de E.U.A. (1984)

Ahora, si bien, se conoce una clasificación amplia de las bombas aplicadas en la industria (Bombas de Proceso), la norma API 610 clasifica las bombas centrifugas utilizadas en la industria petrolera, petroquímica y procesos industriales del gas en tres grupos (Figura 5.): bombas en cantiliver, bombas entre rodamientos, bombas verticalmente suspendidas.

Figura 4. Clasificación de las bombas centrifugas según API 610.

Pump type			Orientation		Type code
Centrifugal pumps	Overhung	Flexibly coupled	Horizontal	Foot-mounted	OH1
				Centreline-supported	OH2
			Vertical in-line with bearing bracket	OH3	
		Rigidly coupled	Vertical in-line	OH4	
		Close-coupled	Vertical in-line	OH5	
			High-speed integrally geared	OH6	
	Between-bearings	1- and 2-stage	Axially split	BB1	
			Radially split	BB2	
		Multistage	Axially split	BB3	
			Radially split	Single casing	BB4
				Double casing	BB5
	Vertically suspended	Single casing	Discharge through column	Diffuser	VS1
				Volute	VS2
				Axial flow	VS3
		Separate discharge	Line shaft	VS4	
			Cantilever	VS5	
		Double casing	Diffuser	VS6	
Volute			VS7		

NOTE Illustrations of the various types of pump are provided in 4.2.

Cortesía the Centrifugal Pump for Petroleum, Petrochemical and Natural Gas Industries. API Standard 610, Tenth Edition, October 2004

Bomba tipo OH1

Bomba en cantiliver de una etapa con pie de apoyo

Figura 5. Bomba tipo OH2

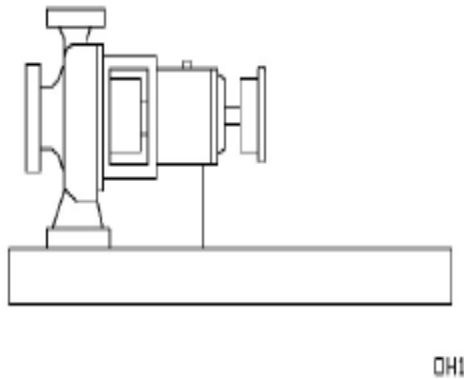
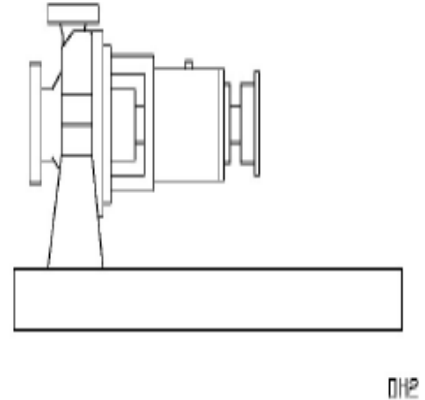


Figura 6. Bomba tipo OH1



Bomba tipo OH2

Bomba en cantiliver de una etapa con un montaje directo del motor y la bomba, tiene una sola caja de rodamientos para absorber las cargas en el eje y mantener el impulsor en la posición durante la operación. La bomba es montada sobre una base y acople flexible al motor^{8,9}

Bomba tipo OH3

Bomba vertical en cantiliver de una etapa con una disposición vertical de rodamientos. Tiene un alojamiento de rodamientos integral con la bomba para absorber las cargas del impulsor. El motor es montado sobre un soporte integral a la bomba y acople flexible al motor⁸.

⁹⁸American Petroleum Institute (API). Centrifugal Pump for Petroleum, Petrochemical and Natural Gas Industries. API Standard 610, Decima Edition, October 2004.

Figura 7. Bomba tipo OH3

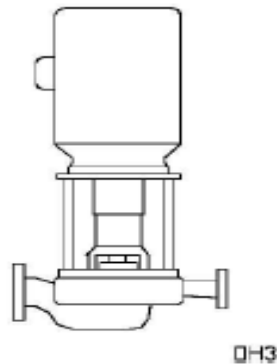
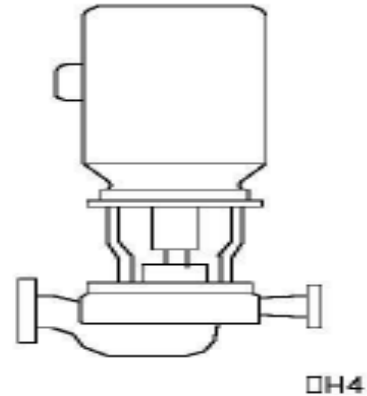


Figura 8. Bomba tipo OH4



Bomba tipo OH4: Bomba vertical en cantiliver de una etapa con acople rígido. La bomba tiene su eje acoplado rígidamente al motor⁸.

Bomba tipo OH5

Bomba vertical en cantiliver de una etapa con acople encerrado. La bomba con acople encerrado tiene el rotor montado directamente sobre el eje del motor⁸.

Figura 9. Bomba tipo OH5

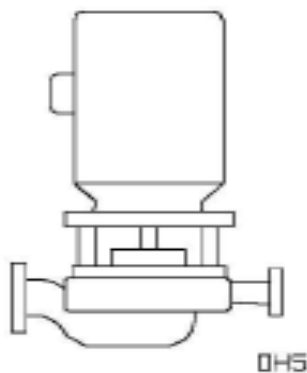
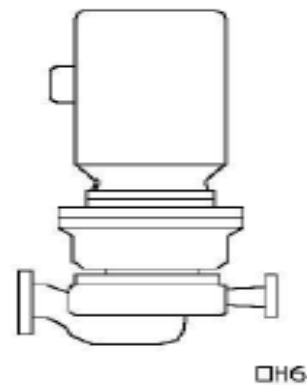


Figura 10. Bomba tipo OH6



Bomba tipo OH6

Bomba en cantiliver de una etapa con caja de velocidad de engranajes, que puede ser montada directamente entre la bomba y el motor, no hay acople entre la caja de engranajes y la bomba, sin embargo entre el motor y la caja de velocidad el acople es flexible. La bomba puede ser orientación vertical u horizontalmente⁸.

Bomba tipo BB1

Bomba apoyada entre rodamientos de una o dos etapas con carcasa partida axialmente (en dirección del eje)

Figura 11. Bomba tipo BB1

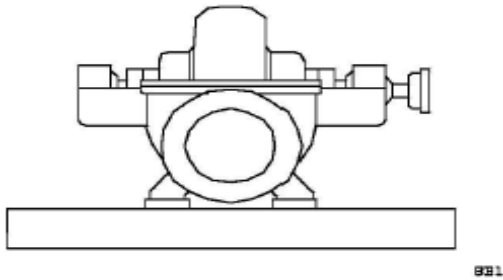
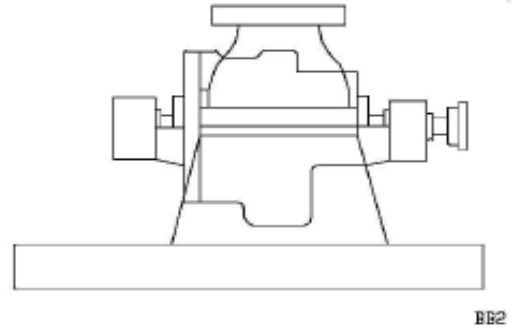


Figura 12. Bomba tipo BB2



Bomba tipo BB2: Bomba apoyada entre rodamientos de una o dos etapas con carcasa partida radialmente (en dirección perpendicular al eje)⁸

Bomba tipo BB3

Bomba multietapas apoyada entre rodamientos con carcasa partida axialmente (en dirección)

Figura 13. Bomba tipo BB3⁸

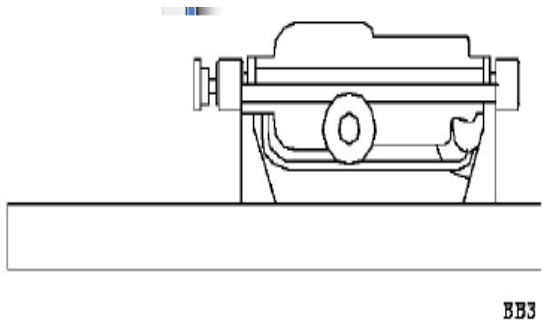
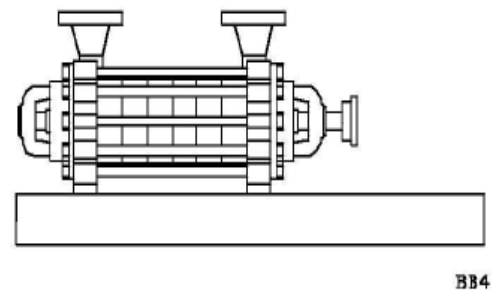


Figura 14. Bomba tipo BB4⁸



Bomba tipo BB4

Bomba multietapas apoyada entre rodamientos con carcasa partida radialmente (en dirección perpendicular al eje). También denominadas de bombas de anillos

seccionados, bombas de sección anular tienen conductos comunicados y no cumplen con la totalidad de los requisitos solicitados en esta norma. ⁶

Bomba tipo BB5

Bomba multietapas apoyada entre rodamientos con doble carcasa partida radialmente⁸.

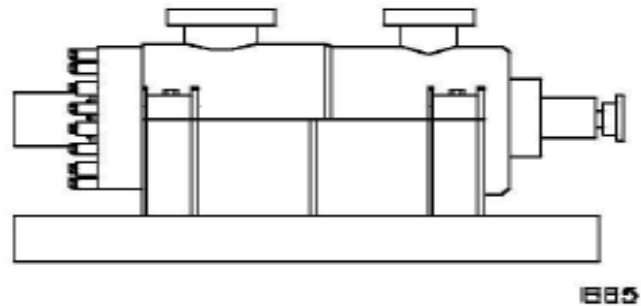


Figura 15. Bomba tipo BB5⁸

Bomba tipo VS1

Bomba de pozo vertical suspendida de simple carcasa con difusor y descarga a través de la columna⁸.

Figura 16. Bomba tipo VS1

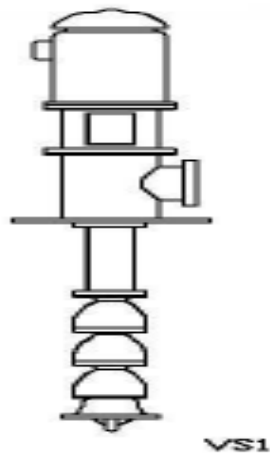
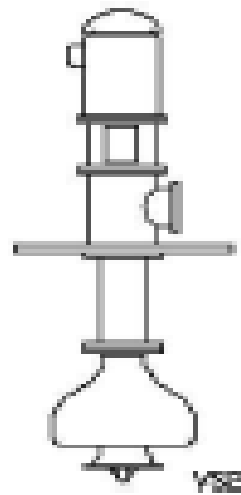


Figura 17. Bomba tipo VS2



Bomba tipo VS2

Bomba de pozo vertical suspendida de simple carcasa con voluta y descarga a través de la columna⁸.

Bomba tipo VS3

Bomba vertical suspendida de simple carcasa con flujo axial y descarga a través de la columna.

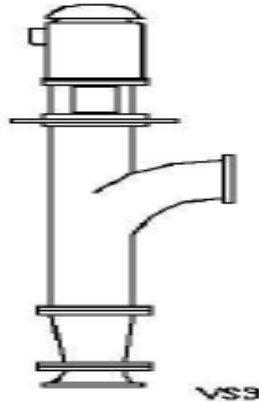


Figura 18. Bomba tipo VS3

Bomba tipo VS4

Bomba de sumidero vertical suspendida de carcasa simple y descarga conducida a través de la voluta por la columna⁸.

Bomba tipo VS5

Bomba de sumidero vertical suspendida en cantiliver.⁶

Figura 19. Bomba tipo VS4

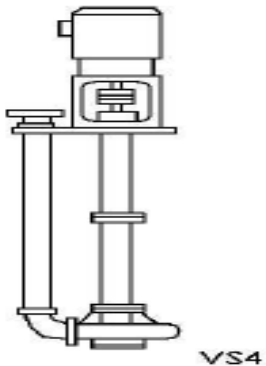


Figura 20. Bomba tipo VS5

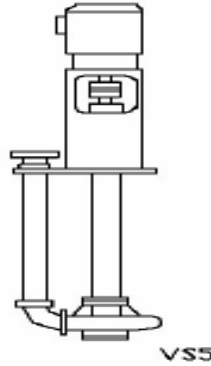
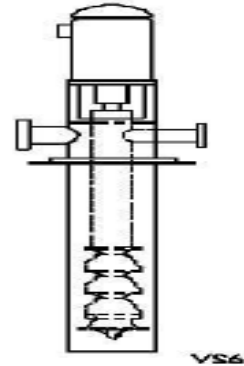


Figura 21. Bomba tipo VS6



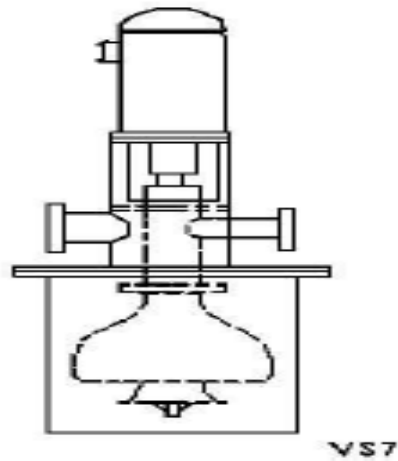
Bomba tipo VS6

Bomba vertical suspendida de doble carcasa.

Bomba tipo VS7

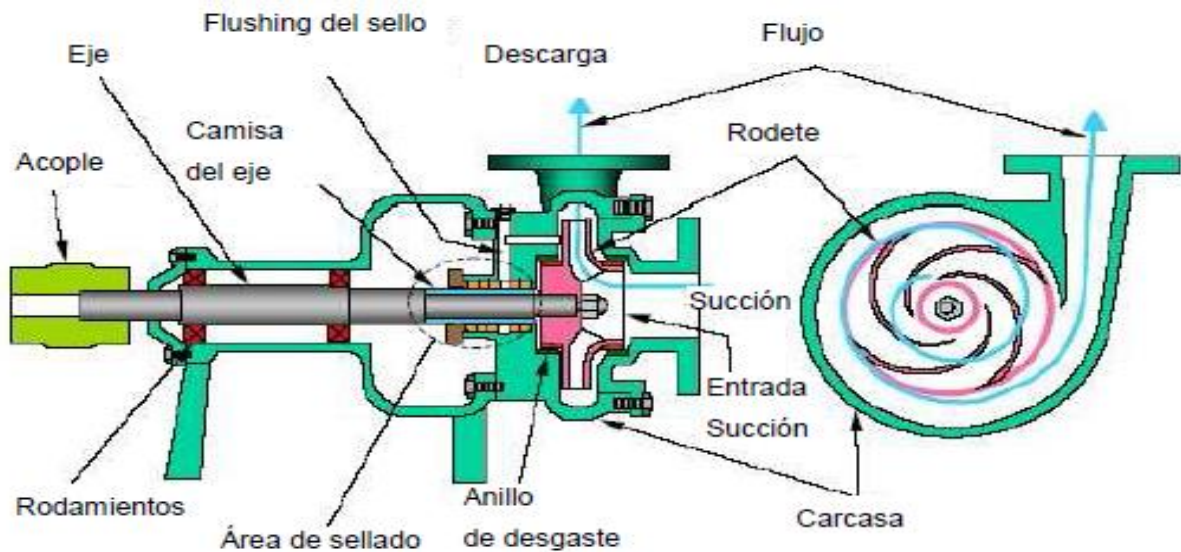
Bomba vertical suspendida de doble carcasa y voluta.

Figura 22. Bomba tipo VS7



3.5 COMPONENTES Y PARTES BÁSICAS DE LAS BOMBAS CENTRIFUGAS

Figura 23. Componentes y partes de una bomba centrífuga.



CASINGS.

Definida como voluta o carcasa tiene forma de espiral, rodea al impulsor y direcciona el fluido. El diseño permite transformar energía cinética en energía potencial, la sección transversal aumenta progresivamente en torno al formando una cámara que recibe el líquido del impulsor y lo transporta hasta la descarga.

La forma asimétrica impulsa el líquido en forma progresiva por la sección, donde existe un des-balance de presiones por fuerzas radiales que actúan sobre el impulso; Estas cargas radial tienen poco efecto cuando la bomba funciona en el punto de mejor eficiencia, sin embargo con elevada carga diferencial causa daños en el eje, rodamientos y sello mecánico⁹.

La consecuencia del empuje radial puede compensarse con un aumento del diámetro del eje, con un sobre-dimensionamiento de los cojinetes, lo que encarece la bomba. Y es este efecto de trabajo pesado el principio de **BOMBA DE DOBLE VOLUTA**; una pared delgada dividir al conducto en dos volutas más pequeñas, generando carga casi uniformes en la circunferencia del impulsor.

Figura 24. Bomba de voluta sencilla.

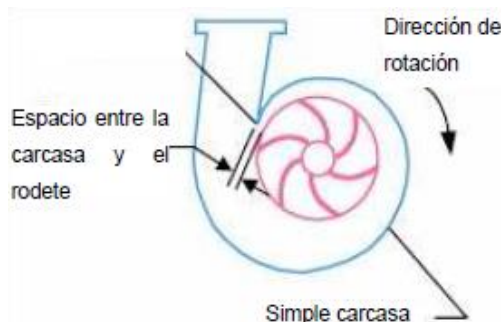
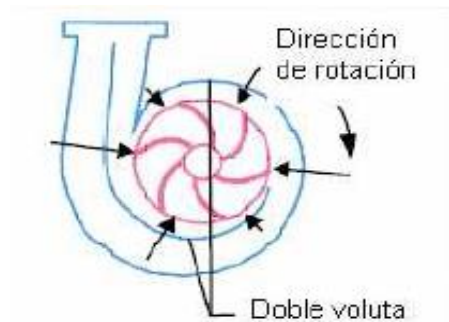


Figura 25. Bomba de doble voluta.



Cortesía de Bombas Selección, Uso y Mantenimiento. KENNETH Mc.
NAUGHTON

Bombas de difusor o Bombas-turbina: Bomba que poseen fijas a la carcasa difusores que direccionan del flujo del impulsor y recorre el camino establecido por los tazones, a lo largo de las cuales ocurre la transformación de energía cinética en energía de presión.

Las bombas con difusor presentan altos inconveniente por los choque entre las partículas de fluido que entraran al difusor, especialmente, cuando funcionan en un punto diferente al de diseño. Las variaciones en el funcionamiento de la bomba con relación al diseño cambia el ángulo de salida, pero no se altera el ángulo de los difusores, presentándose choque entre partículas, con la consecuente pérdida de eficiencia hidráulica.

Las bombas con difusores fueron muy utilizadas al inicio del desarrollo de las bombas centrifugas, perdiendo importancia al perfeccionarse las técnicas de diseño y construcción de carcasas.

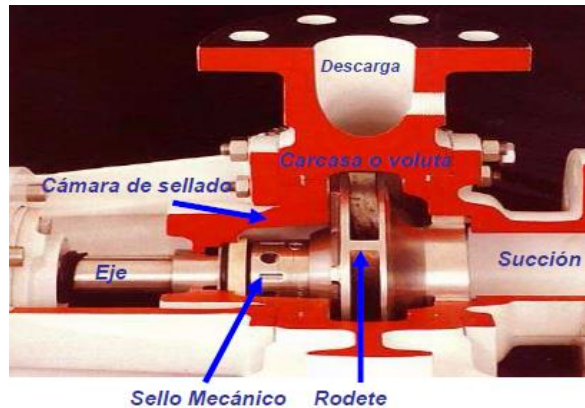


Cortesía de GOULDSPUMP

STIFFING BOX

La cámara de sellado (stuffing box) es parte integral de la bomba o un ensamble adicional donde se aloja el mecanismo de sellado y el fluido presenta un comportamiento particular en relación al diseño de la cámara.

Figura 26. Cámara de Sellado.



Cortesía de Manual de Sellos Mecánico. JOHN CRANE

En las bombas de propósito general, la cámara de sellado toma la forma de cilíndrico hueco en el punto donde el eje atraviesa la carcasa y se aloja alrededor del eje o camisa la empaquetadura o sello mecánico dependiendo del sistema a utilizar.

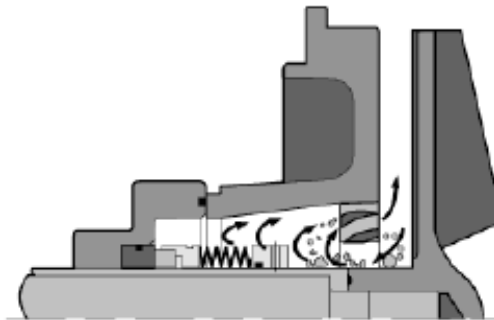
El diseño de la cámara de sellado varía con la marca y modelo de la bomba, son modificadas con el fin de aumentar la circulación del líquido a las caras del sello, alargando la vida del sello mecánico.

Cámara de sellado convencional:

Diseño utilizado en bombas que operan con fluidos que contienen sólidos o vapores. Los sellos mecánicos utilizados en esta aplicación fallan prematuramente por erosión en las caras de sellado y componentes de la bomba. La consecuencia de operar con fluidos volátiles es el deterioro en las caras de los elementos sellantes por falta de lubricación o flasheo^{10, 10}.

¹⁰¹⁰ KENNETH Mc. NAUGHTON. Bombas Selección, Uso y Mantenimiento. Primera edición en español. Mc Graw Hill. México 1989

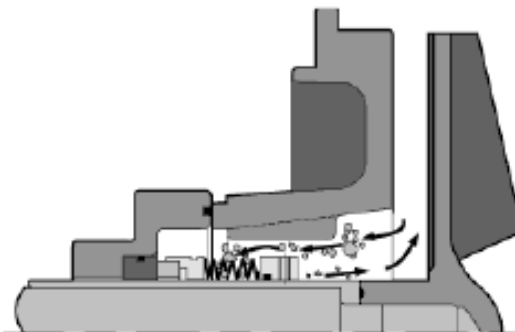
Figura 27. Cámara de sellado convencional. ⁷



Cámara de sellado modificada con bordes internos axiales:

El diseño mejora la vida útil del sello mecánico cuando aire y vapores están presentes en el fluido. Los bordes internos axiales previenen que los gases queden atrapados en la caja proporcionando un mayor flujo de fluido, eliminando así las fallas de los sellos por trabajar en seco¹⁰.

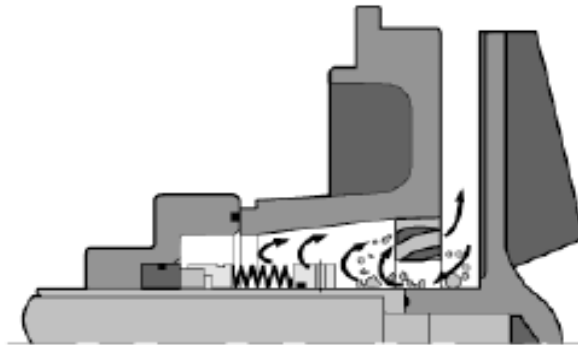
Figura 28. Cámara de sellado con bordes internos axiales. ⁷



Cámara de sellado estándar:

Este diseño minimiza las fallas y extiende la vida útil de los sellos mecánicos, reconfigurando el flujo en la cámara de sellado para permitir mayor tasa de evacuación de sólidos y gases

Figura 29. Cámara de sellado estándar. ⁷¹¹



IMPULSOR

También denominado rotores, es el corazón de la bomba centrífuga, a través de él produce la transferencia de energía al fluido³. Las bombas centrífugas manejan gran variedad de líquidos caracterizados por la densidad, viscosidad, presencia o ausencia de sólidos y se adaptan a estas variaciones mediante los diferentes tipos de impulsores. Por el diseño mecánico los impulsores se pueden clasificar en:

IMPULSOR ABIERTO: Los alabes están unidas directamente al núcleo central del impulsor sin formar paredes en las caras. Su uso está limitado a bombas muy pequeñas, pero se puede manejar cualquier tipo de líquido y además inspeccionarlo es muy sencillo. El impulsor se ilustra en la figura 30.a³.

IMPULSOR SEMIABIERTO: Su diseño varía en el plato o pared al lado opuesto de la entrada del líquido, tal impulsor se ilustra en la figura 30.b³. La función principal reducir la presión en la parte posterior del impulsor, evitar la entrada y acumulación de material extraño, producto del líquido bombeado, en la parte posterior del impulsor causando así la operación inadecuada de la bomba.

7. CRANE, John COLMBIA S.A Engineering Sealing Solutions. Manual de Sellos Mecánico. Argrafic editorial C.A.

IMPULSOR CERRADO: Este impulsor figura 30.c se caracteriza por presentar paredes laterales que encierran totalmente las vías del líquido desde la entrada de la succión hasta la periferia, además, lo rodea una corona circular en la parte anterior del impulso por donde el líquido ingresa. Las bombas centrifugas de impulsor cerrado se utilizan en líquidos que no tienen sólidos en suspensión, El impulsor se ilustra en Es un impulsor de alto rendimiento, debido a que el líquido es guiado a través de las paredes del rotor y no por las paredes de la carcasa, reduce el desgaste de la carcasa y la recirculación debido a las pequeñas holguras entre la pared de la carcasa y la succión³.

Figura 30. Clasificación de los impulsores por forma del impulsor.



Según la forma y modelado de los alabes los impulsores determinan la trayectoria del fluido y se clasifican en:

IMPULSOR DE FLUJO RADIAL: Este impulsor incrementa la energía del fluido en dirección radial al eje de la bomba, como se muestra en la figura 31a.**IMPULSOR DE FLUJO MIXTO:** Este impulsor incrementa la energía del fluido

en una dirección que mezcla el flujo perpendicular y paralelo al eje de la bomba, como se muestra en la figura 31b.

IMPULSOR DE FLUJO RADIAL: Este impulsor incrementa la energía del fluido en dirección axial al eje de la bomba, como se muestra en la figura 31c.

Figura 31. Clasificación de los impulsores por forma y modelo de los alabes.

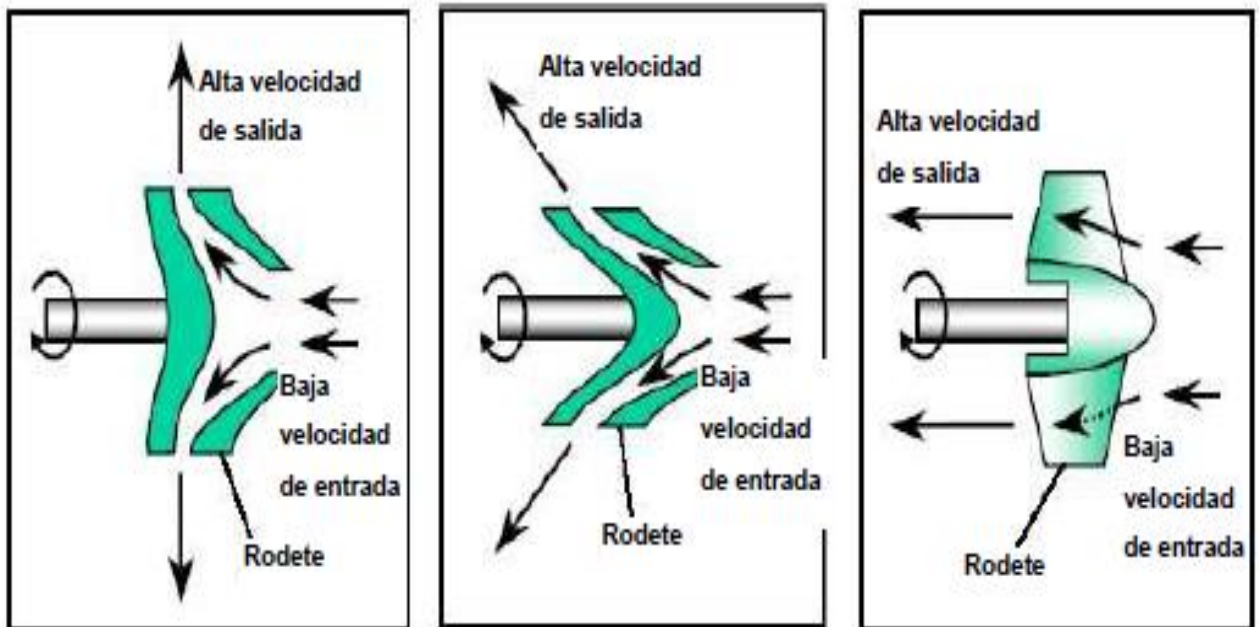


Figura 31. a.

Figura 31. b.

Figura 31. c.

EJE

El eje de una bomba centrífuga tiene como función transmitir el torque que recibe del motor durante la operación de bombeo, además de sujetar el impulsor y los componentes giratorios. La fabricación del eje para una bomba centrífuga debe contar con alta precisión debido al grado de ajuste existe entre las partes giratorias de la bomba y las partes fijas. Cualquier desviación en el eje, por insignificante que pudiera parecer, causa serios daños al mecanismo y la hidráulica del equipo. En el diseño del eje, los cálculos deben emplear coeficientes de seguridad altos y considerar condiciones extremas de trabajo.

Analicemos los factores que intervienen en el funcionamiento de las bombas centrífugas:

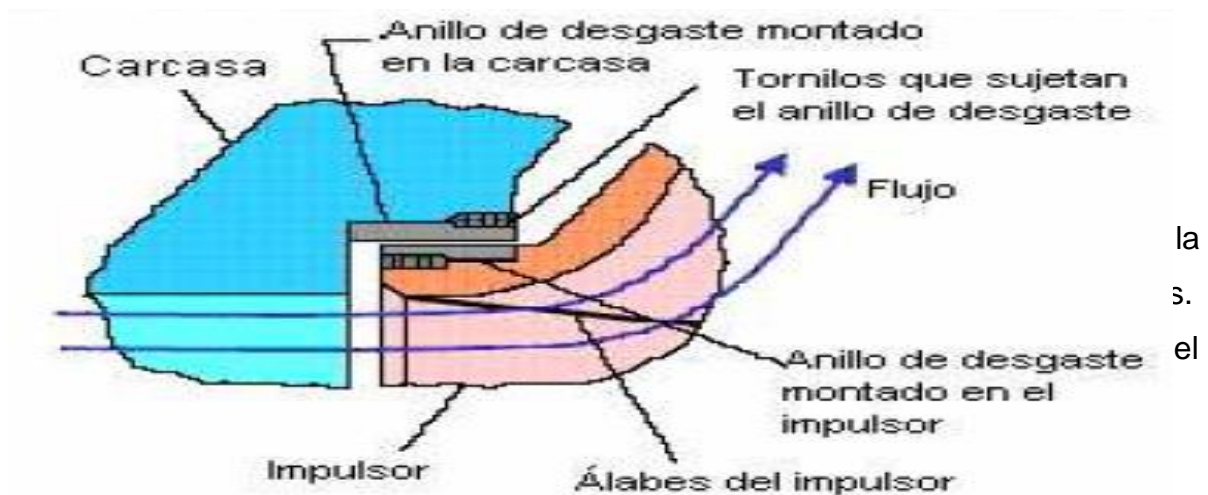
- a) Los torques, el eje tiene que resistir el esfuerzo de arrancar la bomba, la cual va a pasar desde velocidad 0 (cero) rpm a 2000rpm en cuestión de segundos.
- b) El peso de los componentes y del líquido a impulsar en la línea de bombeo
- c) Todas las fuerzas hidráulicas, tanto radiales como axiales.
- d) La desviación máxima permisible
- e) La distancia entre apoyos o al extremo del impulsor
- f) La localización de las cargas
- g) La velocidad crítica del diseño resultante
- h) La temperatura del líquido que se impulsa que también afectará la flexibilidad del eje

Todo objeto metálico posee un periodo de oscilación característico. En caso que el eje de una bomba gire a una velocidad que coincida con su frecuencia natural, cualquier pequeña vibración se amplificará hasta provocar inestabilidad en la máquina y destrucción. La velocidad a la cual el eje alcanza la frecuencia natural se denomina velocidad crítica y es un excelente indicador para seleccionar el diámetro del eje.

ANILLOS DE DESGASTE

Son aros metálicos instalados entre la carcasa y el impulsor, con holguras entre 0.012 y 0.030 pulgadas dependiendo del diámetro del impulsor. Los anillos instalados rodean la periferia en el impulsor y la carcasa con el fin de evitar el desgaste por posible contacto eventual.

Figura 32. Anillos de desgaste.



la
s.
el

RODAMIENTOS.

La función de los rodamientos en las bombas centrífugas es mantener el eje en correcta alineación con los componentes estacionarias bajo la acción de cargas radiales y axiales. Técnicamente los rodamientos toman la designación de Rodamientos de empuje los encargados de las fuerzas axiales y Rodamientos de radiales encargados de la ubicación del eje^{9, 13}.

ACOPLES.

Las bombas centrífugas para el funcionamiento requieren de dispositivos, llamados acoples, capaces de transmitir la energía mecánica o torque externo del eje del motor eléctrico, de combustión interna, turbina, etc. al eje de la bomba. Antes de instalar los acoples se debe alinear los ejes tanto angular como en paralelo y mantener las tolerancias permisibles recomendadas por el fabricante.

Tipos de Acoples:

Acoples rígidos de tipo abrazadera, junta universal.

Acoples flexibles de parador y tope.

Acoples Tipo engranajes, de rejilla, de disco, etc.

139 KENNETH Mc. NAUGHTON. Bombas Selección, Uso y Mantenimiento. Primera edición en español. Mc Graw Hill. México 1989

SELLOS MECANICOS.

Técnicamente definen los dispositivo de sellado utilizado para prevenir las fugas de los fluidos a bombear (Líquidos, Gases o Sólidos) o los que atraviesan el eje. Están disponibles en gran variedad de diseños y configuraciones, utilizando la amplia gama de principios de sellado.

El sellado se realiza por contacto axial entre las caras del dispositivo, perpendicular al eje y con movimiento relativo entre los dos elementos básicos (Elemento rotativo y Elemento estático).

La selección adecuada de los materiales y características del sello mecánico no garantiza el buen funcionamiento, Es necesario implementar un Plan de Sellado que facilite la limpieza, lubricación y refrigeración entre el elemento rotativo y estático.

Los sellos mecánicos se instalan con algún sistema llamado PLAN DE SELLADO para evitar:

- Sobrecalentamientos, a medida que las caras del sello se deslizan una contra la otra generan calor que debe ser disipado.
- Ebullición de la película de lubricante, lubricar las caras de los elementos con fluido limpio.
- Daños por rayadoras entre las caras, limpia o extrae sólidos producto del fluido bombeado.

Este sistema depende del tipo y condición del fluido bombeado, varía según el arreglo de los sellos y están normalizados por la API 610.

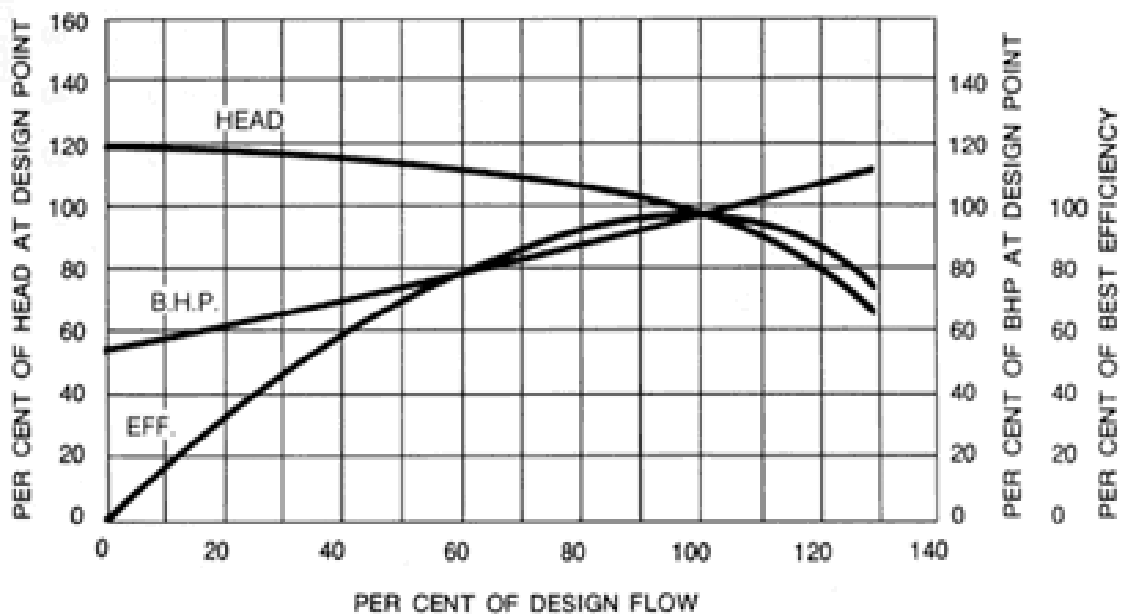
3.6 DESEMPEÑO DE LAS BOMBAS CENTRIFUGAS.

Después de conocer el funcionamiento y tener claro los componentes principales que conforman una bomba centrífuga, es importante conocer el comportamiento en función de las variables de operación.

Los fabricantes de bombas proveen las curvas características de la bomba, las cuales muestran la eficiencia, la cabeza, potencia y NPSH-R, versus el caudal manejado por la bomba.

Es importante determinar el BEP, (siglas en ingles del Punto de Mejor Eficiencia); este punto como su nombre lo dice, está asociado a los parámetros de operación de la bomba en la cual la eficiencia es máxima. Así, entonces hay un valor de caudal y de cabeza relacionados al BEP (QBEP y HBEP). Lo ideal es trabajar la bomba en este punto (o en su vecindad +/- 20%), para suplir las necesidades del proceso y proteger la bomba.

Figura 33. Curvas Características de las Bomba Centrífugas.



3.7 SELECCIÓN DE LAS BOMBAS

Analizando las etapas de adquisición de una bomba; Desde su gestación en ingeniería, procura y servicio en la planta, se puede observar que unas corresponden al fabricante exclusivamente y otras al Cliente- Usuario.

Diseño del Sistema.¹⁴

Cuando un proceso requiere la instalación de una bomba, el estudio del diseño y selección es importante: Los cálculos deben ser muy cuidadoso para evitar detalles errados, presentando especial atención a la línea de succión para evitar cavitación por bolsas de aire, efecto causado por exceso de codos y malas disposiciones de accesorios; así como un correcto dimensionamiento de la tubería y las alturas adecuadas NPSH-D¹¹.

El cálculo del sistema utiliza datos exacto en cuanto a: caudales y presiones necesarias en la descarga, fluctuaciones de nivel o presión en la succión, recorrido geométrico de la tubería, peso específico del fluido, viscosidad, temperatura, presión de vapor y cualquier otro parámetro que pueda influir en la determinación de la curva de carga del sistema. Si es preciso se calculará el NPSH (Altura Neta Positiva de Succión Disponible).

Con esta información se construye la curva de carga del sistema y se realiza los ajustes en el diseño. La información se presentará en una “Hoja de Datos con el fin de encontrar fácil y ordenadamente cualquier información que precise al fabricante ofertar de la bomba apropiada.

Pasos para seleccionar una bomba centrífuga basadas en las curvas características:

¹⁰11. BEJARANO, Rafael y LATORRE C., Leonardo. Bombas Centrifugas Selección, Instalación, Operación, Mantenimiento (s.f.).

- Tomando como base agua clara de gravedad específica 1.0 se determina la capacidad necesaria de descarga a la bomba en GPM.
- Determinar la cabeza total dinámica del sistema TDH; consiste en la suma de tres factores:

Cuando la bomba está por encima de la fuente de suministro de líquido a bombear y predomina una cabeza de succión a levantar (por debajo de la horizontal)

$$TDH = h_s + h_d + h_f^{1511}$$

Sin embargo, si la fuente de suministro está por encima de la bomba y el líquido fluye hacia la bomba por gravedad predomina la condición de una cabeza estática de succión:

$$TDH = h_d - h_s + h_f^{11}$$

Dónde:

h_s = Cabeza estática a levantar en la succión. La distancia vertical en pies desde el nivel libre de la fuente, hasta el eje central horizontal de la bomba.

h_d = Cabeza estática de descarga: distancia vertical en pies desde el eje central horizontal hasta la descarga libre. En caso de descargar a un equipo presionado determinar la cabeza equivalente.

h_f = La cabeza en pies de líquido necesaria para vencer la resistencia a la fricción de tubería y accesorios en ambos lados, succión y descarga.

Para determinar la cabeza total dinámica de un sistema de bombeo, tanto la cabeza de fricción como la estática debe ser calculada para condiciones de operación máximas o extremas. Es decir, la cabeza estática será la máxima a esperar a que ocurra y la cabeza por fricción determinada para la capacidad máxima de flujo¹¹.

¹¹ BEJARANO, Rafael y LATORRE C., Leonardo. Bombas Centrifugas Selección, Instalación, Operación, Mantenimiento (s.f.).

Comparación de las curvas de bombas en los modelos disponibles

El punto de corte de la curva de cabeza del sistema con la curva de cabeza-capacidad de la bomba es llamado el punto de operación de la bomba y es la tasa de flujo que la bomba entregará, solo si las características del sistema no presentan cambios, por ejemplo restricción en la válvula de descarga¹¹.

Hoja de Datos

Se pueden encontrar ejemplos de éstas en los libros especializados, especificaciones y en los catálogos de los fabricantes. La hoja de datos debe contar con cuatro partes básicas:

- 1. Identificación de la bomba:** TAG de la bomba, planta donde se instalará, pedido a que corresponde y cualquier otro dato que le identifique dentro de la instalación.
 - 2. Datos facilitados por el cliente:** Correspondiente al servicio, características del líquido bombeado, caudales y presiones, forma de accionamiento, requerimientos constructivos de la bomba en función del servicio que va a realizar, requisitos de los materiales acorde a las características fisicoquímicas del fluido (elección según Norma API 610 emitida por la “American Petroleum Institute”), pruebas e inspecciones requeridas con la alternativa de que sean efectuadas, solamente por el fabricante el cual entregará posteriormente un certificado, o si han de ser presenciadas por el cliente.
 - 3. Datos del Fabricante:** Espacio donde el fabricante facilita la información necesaria para poder hacer un estudio de la bomba ofertada. Esta parte consigna el modelo y tipo de máquina, todas sus características constructivas y operacionales, datos de su lubricación, conexiones auxiliares y principales, como todos los demás datos complementarios.
1. En un espacio reservado en la margen figurarán todas las notas aclaratorias del caso. Deberán tenerse en cuenta las unidades físicas a emplear en la hoja

de datos. Deben ser apropiadas y homogéneas. Se confeccionará una hoja para cada bomba o grupo de bombas gemelas.

4. Especificaciones: Los detalles a incluir se especifican con base en la ya citada Normas API610, que se ocupa de las bombas centrífugas para procesos.

Muchas organizaciones se amparan exclusivamente en esta norma pero es importante que el cliente elabore especificaciones propias, con el objeto de llenar algunas lagunas (Ítem abiertos) que la Normas API 610 deja, a la vez que se adaptan a las necesidades y exigencias propias del sistema.

Las especificaciones deben incluir el diseño tanto de la propia bomba como bombas respaldo, acoplamientos, ejes, equipo de accionamiento, impulsores, anillos de desgaste, cojinetes, camisas, lubricantes, placas de características, etc., describiendo formas, dimensiones, tipos, marcas deseadas en los materiales en serie a emplear, tolerancias de fabricación y materiales a utilizar en función de las temperaturas, presiones y naturaleza del fluido. Se describen las inspecciones y pruebas que se requieren efectuar en la bomba, tolerancias aceptables en los datos obtenidos... etc. Se indicará también la información técnica que debe acompañar a cada bomba¹¹.

El fabricante indicará los puntos de la especificación que no puede cumplir o propone modificar, punto importante al efectuar el estudio comparativo de los distintos ofertantes.

Cuando son tenidos en cuenta factores de tolerancia es preferible anotar los valores calculados de cabeza, capacidad y los valores deseados de diseño. Un factor arbitrario puede representar la selección de una bomba muy costosa. Las bombas especificadas como auxiliares para dos servicios diferentes necesitan cuidado, comparando el trabajo o potencia para cada servicio, la presión diferencial y la capacidad.

Solicitud de la Oferta. Una vez recopilada la información, en la forma descrita, se procederá a enviarla a los posibles proveedores, que previamente se han preseleccionado por su experiencia y gama de fabricación esperando de éstos su oferta técnica y económica.

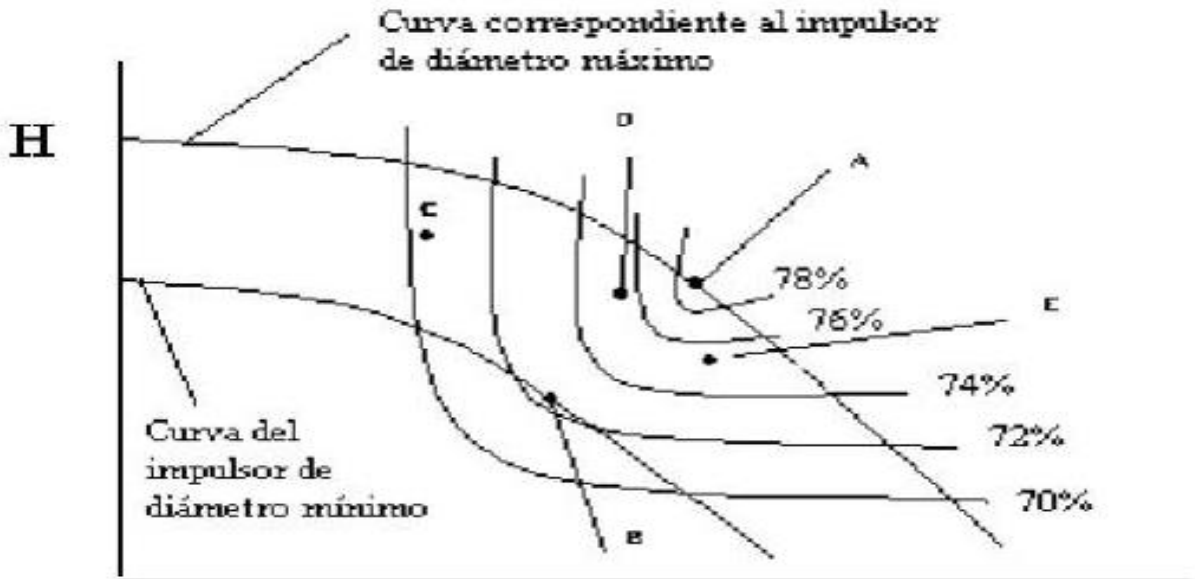
SELECCIÓN

Con la información de los ofertantes se realiza la selección de la bomba más apropiada, tabulando los datos de los distintos ofertantes y una comparación homogénea. Un cuadro-resumen donde se decide la aceptabilidad de las bombas, acorde al número de las ofertas recibidas y las distintas bombas que se tengan que analizar.

Los puntos a analizarán en la comparación serán; En primer lugar el cumplimiento de las características exigidas en la hoja de datos y dentro de esto, un rango admisible de las características de la bomba. Con este criterio se estudiarán detenidamente los siguientes factores:

- Caudal mínimo continuo.
- Diámetro de los impulsores, en relación al máximo y mínimo admisible para el tipo ofertado.
- Altura a caudal nulo, la cual debe estar entre un $(-/+10)$ y $(+20)$ de la correspondiente al punto de trabajo, para evitar excesivas presiones al cierre de válvulas y permitir una cierta regulación.
- NPSH requerido por la bomba. Esta nunca deberá ser mayor que la disponible y lo deseable es que se garantice. Cuando la diferencia entre la disponible y la requerida no sea mayor de 2 metros, se debe solicitar la prueba en fábrica.
- Se hace una comparación de la curva del sistema, con la teórica de la bomba ofrecida por el fabricante, situando sobre ésta el punto o los puntos de trabajo

En la Figura se ven las curvas correspondientes a una bomba, la situación del punto de trabajo, considerando cinco casos diferentes que se comentan a continuación:



1. CASO A: Se encuentra en el punto de máximo rendimiento, pero correspondiendo a la línea del impulsor de máximo diámetro, por lo que las características de la bomba no podrán aumentarse de exigirlo así una modificación del sistema.
2. CASO B: EL punto de trabajo se encuentra sobre la curva de diámetro mínimo de impulsor, indica un claro sobredimensionamiento de la bomba, y por lo tanto, representa así un encarecimiento.
3. CASO C: Un diámetro de impulsor intermedio, pero el rendimiento es muy bajo y por lo tanto, el consumo elevado; la bomba está sobredimensionada.
4. CASOS D Y E: Ambos serían teóricamente correctos, pero mientras el D al aumentar el diámetro del impulsor mejoraría el rendimiento, en el E disminuiría.

Por tanto el caso D sería el óptimo entre los diferentes casos considerados.

Resumiendo: el gestor de la interventoría debe tener claro que el punto de trabajo debe corresponder a un diámetro de impulsor no superior al 90% del máximo y situado en la parte izquierda del rendimiento máximo.

La forma de la característica debe ser motivo de estudio. Una curva excesivamente plana no admite regulación de caudal al estrangular la válvula de impulsión; por el contrario, si su pendiente es grande, el punto de trabajo puede modificarse con excesiva facilidad.

3.8 FACTORES A TENER EN CUENTA.

Cuando los fluidos a bombear tengan una viscosidad alta, se deberá conseguir las curvas corregidas por viscosidad pues normalmente, la selección se realiza para agua.

Los puntos que el fabricante presente en desacuerdo con las especificaciones deberán estudiarse de forma cuidadosa. Estas excepciones no indican necesariamente que la bomba ofertada no sea adecuada; las especificaciones, por ser generales, admiten flexibilidad según los casos.

El proceso presenta un dictamen de tipo técnico, el cual deberá completarse con otros factores, tales como plazo de entrega, garantía, servicio técnico disponible, experiencia del fabricante etc.

El estudio económico considerará el precio de la máquina y costos adicionales que pueden afectar, tales como pruebas, embalaje, transporte y accesorios solicitados.

El costo de impuestos y servicio técnico, no olvidando el consumo energético de la bomba. De esta manera se podrá hacer una comparación ponderada según las necesidades y seleccionar la máquina más conveniente.

4. MODELO DE GESTIÓN EN LA INTERVENTORIA DEL MANTENIMIENTO A BOMBAS CENTRIFUGAS.

La monografía, en su alcance, presenta un modelo de gestión aplicado (implica integración) en las actividades técnicas y administrativas de la interventoría al mantenimiento de bombas clasificadas dentro del proceso de la industria del petróleo, petroquímica y del gas como Centrifugas;

La interventoría; actividad necesaria para asegurar los objetivos en términos de Calidad, Eficiencia, Cumplimiento y Normal ejecución del contrato celebrado entre los actores.

El interventor, en su rol de verificar, controlar, asegurar y evaluar, garantiza la ejecución exitosa del contrato mediante el seguimiento permanente, evaluación de procedimientos, inspección al debido cumplimiento de las especificaciones y estándares indicados en el marco contractual.

4.1 GESTIÓN DE LA INTERVENTORÍA EN EL CONTRATO DE MANTENIMIENTO.

Las actuaciones de la interventoría deben encaminar a proteger los intereses de cliente y a lograr el mejor desarrollo del contrato, ajustándose al marco legal y contractual. En el logro de lo anterior, el gestor de la interventoría, además de coordinar lo pertinente con el gestor del contrato (Administrativo y Técnico) debe prestar la colaboración requerida en las distintas funciones**.

La gestión técnica¹⁶ implica el aseguramiento y control durante la ejecución del contrato, en lo referente a la aplicación de las especificaciones técnicas, procedimientos de trabajo seguro y buenas prácticas conforme a los cuales se deben desarrollar el mantenimiento y las reparaciones, de manera que se logre el idóneo y eficaz cumplimiento de lo pactado¹².

Algunos ítems a tener en cuenta durante la ejecución de la interventoría técnica:

1. Apoyar oportunamente al contratista en el desarrollo del contrato, atendiendo las solicitudes y consultas de forma oportuna, cuando se estimen convenientes.
2. Asegurar la realización de la adecuada gestión de riesgos y adoptar acciones que contrarresten las situaciones que puedan afectar el desarrollo satisfactorio del contrato
3. El gestor de la interventoría debe comunicar al jefe inmediato de la interventoría y este al gestor del contrato por parte del cliente de forma oportuna las modificaciones y desviaciones que se presenten durante la ejecución del contrato.
4. Evaluar, avalar y aprobar, los planes, procedimientos y registros (plan de calidad - plan de mantenimiento - plan de inspección - procedimientos de reparación - procedimientos de cambio de partes - procedimientos de fabricación de partes y/o repuestos - procedimientos pruebas y ensayos no destructivos) y el cumplimiento del plan de manejo ambiental, cuando aplique.
5. Realizar las recomendaciones cuando considere que algunos procedimientos y prácticas son inadecuadas o pueden tener acción de mejorar.

¹² ECOPETROL. Manual para la administración y gestión de contratos de Ecopetrol s.a. ECP-DAB-M-03. Dirección de Abastecimiento de Bienes y Servicios.

EL CLIENTE podrá modificar las funciones específicas del contrato, atendiendo a la naturaleza de los mismos de manera que se facilite su ejecución. En tal caso, las funciones del gestor de la interventoría serán las consignadas en el documento respectivo.

6. Controlar la calidad del objeto contratado, exigiendo el cumplimiento de los procedimientos de trabajo seguro, planes de inspección y calidad, normas, especificaciones y demás condiciones contractuales.
7. Verificar la procedencia, certificados de calidad y cantidad de los materiales, repuestos, partes y componentes suministradas por el contratista en la ejecución del mantenimiento y reparaciones; en acuerdo con lo estipulado en las especificaciones técnicas del contrato, la indicación del proveedor y las normas técnicas o legales que regulan la materia.
8. Aceptar o rechazar los materiales, repuestos, partes y componentes conforme al tipo de labor a ejecutar por el contratista. Realizar las pruebas de inspección y rutina durante el cargue, descargue, almacenamiento y verificar los certificados de calidad y conformidad de los mismos.
9. Verificar y controlar los recursos utilizados por el contratista, verificando la cantidad y calidad con lo establecido en los documentos del mantenimiento. En caso de presentarse anomalías deberá informarse a la gerencia del cliente y contratista para dar cumplimiento y aplicación de los instrumentos sancionatorios del contrato.
10. Supervisar el transporte de los materiales, repuestos, partes y componentes a utilizar en el desarrollo del mantenimiento y reparaciones.
11. Asegurar y evidenciar en acta respectiva, a la fecha de terminación del contrato, la ejecución del balance final de los materiales, repuestos, partes y componentes sobrantes suministrados por cliente.
12. Evidenciar, verificar e implementar, de acuerdo con las especificaciones aprobadas y demás condiciones del contrato, las medidas correctivas para las actividades de mantenimiento mal ejecutadas.
13. Controlar el cumplimiento de las obligaciones técnicas derivadas del contrato, el buen uso de los equipos, espacios físicos y materiales entregados por cliente.
14. Analizar los informes y registros emitidos por el contratista para lograr el buen desarrollo del contrato. Si el concepto técnico presenta alguna condición fuera

del estándar o especificación se deberá informar al gestor del cliente y al contratista para proceder con el trámite pertinente.

15. Efectuar por escrito las observaciones que estime pertinentes a los informes, registros, avances y demás documentos de aspectos técnicos que presente el contratista.
16. Llevar una relación de las novedades de índole técnico que ocurran en desarrollo del contrato y formular a quien corresponda las recomendaciones que sean del caso.
17. Verificar el cumplimiento, por parte del contratista, de la normatividad relativa a higiene, salud ocupacional y seguridad industrial. En caso de encontrarse una situación no conforme, se debe informar al gestor del cliente para su trámite y corrección.
18. Advertir y recomendar acciones al gestor del cliente sobre actividades o situaciones que requieran realizarse para el logro del objeto del contrato, aun cuando estas no estén definidas en el contrato.
19. Evaluación parcial del desempeño del contratista, acorde con las obligaciones y alcance contractuales.

LA GESTIÓN ADMINISTRATIVA¹² debe presentar informes periódicos al gestor del cliente, que permitan conocer el avance y demás aspectos relevantes al desarrollo del contrato. Los informes deben llevar al cumplimiento de las siguientes funciones:

1. Verificar el cumplimiento de los requisitos legales y contractuales necesarios para dar inicio a la ejecución del contrato (sin perjuicio de lo pactado):
2. Constitución y aprobación de las garantías y seguros exigidos en el contrato.
3. Revisar el plan de Inversiones del contratista y Verificar el manejo del anticipo.
4. Recomendar al Gestor del Cliente la aplicación de sanciones pactadas en el contrato, en caso de incumplir las obligaciones de naturaleza técnica derivadas

¹². ECOPETROL. Manual para la administración y gestión de contratos de Ecopetrol s.a. ECP-DAB-M-03. Dirección de Abastecimiento de Bienes y Servicios.

del mismo (multas, descuentos, compensaciones, cláusula penal), y elaborar con el apoyo del gestor Administrativo, los documentos para tal efecto.

5. Verificar que el contratista y/o subcontratista suscriba los contratos de trabajo con sus empleados (vinculaciones de naturaleza laboral); determinando claramente el cargo que desempeñará el trabajador y el salario de acuerdo con el régimen aplicable (legal o convencional).
6. Asegurar la afiliación de los trabajadores al sistema de seguridad social integral (salud, pensiones y riesgos profesionales) y a la caja de compensación familiar, de manera previa a la fecha en que inicia a laborar. Dar cumplimiento a lo establecido en el Decreto 4000 de 2004, en especial su artículo 832, en caso de vinculación de extranjeros.
7. Asegurar el pago oportuno y legal a los aportes del sistema de protección social (seguridad social integral y parafiscal), de acuerdo con el salario devengado por los trabajadores.
8. Asegurar el pago oportuno y correcto de los salarios, horas extras, recargos nocturnos, dominicales y festivos, prima de servicios, vacaciones y demás prestaciones sociales que las normas legales o convencionales establecen a favor de los trabajadores.
9. Asegurar que se cuente con la autorización del Ministerio de Protección Social para laborar horas extras y llevar el control del tiempo.
10. Solicitar los reportes de la compañía aseguradora, las novedades de ingreso, retiro y accidentes que sufran los trabajadores.
11. Verificar la asignación, al personal vinculado, de labores para la cuales fueron contratados y éste efectivamente realice las labores conforme a los cargos definidos en el contrato de trabajo respectivos.
12. Asegurar el pago oportuno a los trabajadores, las liquidaciones finales y prestaciones sociales, de acuerdo con el régimen que sea aplicable (legal o convencional según sea el caso).
13. Atender y dar solución a las reclamaciones administrativas que presenten los ex-trabajadores.

14. Otorgar, dentro de los cinco (5) días hábiles, siguientes al recibo (salvo que en el contrato o en los documentos del proceso de selección se haya previsto un término distinto), los vistos buenos u observaciones a los documentos que acreditan el cumplimiento de las obligaciones legales (tales como laborales, tributarias, etc.).
15. Asegurar el tramiten de los permisos requeridos en el área de trabajo y verificar que se cumplan las normas de protección al medio ambiente, seguridad industrial y salud ocupacional, acatando los procedimientos previstos en el contrato o establecidos en la empresa.
16. Verificar que el contratista tenga los permisos para realizar labores fuera de los horarios establecidos en el contrato, y en los casos en que las circunstancias lo ameriten, realizar el acompañamiento en HSE a dichas labores, durante su ejecución.
17. Verificar que el contratista cumpla sus obligaciones con los recursos propuestos y/o solicitados al EL CLIENTE, según sea el caso, en las condiciones de calidad y cantidad ofrecidas y pactadas.
18. Verificar que tanto el personal como los equipos y demás recursos ofrecidos por el contratista se encuentren certificados y debidamente utilizados en los sitios de trabajo, de acuerdo al plan de calidad y procedimientos respectivos.
19. Efectuar por escrito las observaciones que estime pertinentes a los procedimientos, registros, informes y demás documentos que presente el contratista sobre aspectos administrativos del contrato.
20. Coordinar con las diferentes dependencias del CLIENTE la entrega de la información técnica y administrativa que requiera el contratista, de conformidad con la Ley, el contrato y obligaciones que se estimen conveniente suministrar.
21. Asegurar la entrega de los informes de avance y demás documentos de orden técnico y administrativo en las fechas establecidas en el contrato u otros documentos del proceso.

22. Llevar registro y control de la ejecución presupuestal del contrato e informar periódicamente al gestor del cliente sobre el valor proyectado y sus tendencias. Esta actividad la realizará con base en la información sobre ejecución y pagos.
23. Suscribir las actas de liquidación parcial o de avance que sirven de base para la presentación de facturas o cuentas de cobro por el contratista, se debe consignar el estado de avance de la obra, servicio o suministro, el valor a pagar y el fundamento contractual del pago.
24. Exigir al contratista la presentación de los documentos soporte de pago del reajuste pactado, previo a su reconocimiento y desembolso por parte de EL CLIENTE.
25. Verificar el cumplimiento, por parte del contratista, de las obligaciones tributarias a que hubiere lugar con ocasión de modificaciones del contrato.
26. Asegurar que el contratista entregue oportunamente las garantías y seguros a que hubiere lugar por razón de la modificación del contrato, y aprobarlas antes de que opere la modificación respectiva.
27. Controlar que las garantías y seguros constituidos por el contratista para amparar riesgos asociados a la ejecución del contrato, se mantengan vigentes y conformes con las condiciones pactadas, durante la vigencia de aquel, incluida sus modificaciones.
28. Informar al gestor del CLIENTE y CONTRATISTA las no conformidades que sobre el cumplimiento de los aspectos Técnicos, Administrativos, de HSE y gestión social se presenten durante la vigencia del contrato, llevar el control requerido conforme a lo contractual, exigir los correctivos que apliquen y recomendar oportunamente las acciones pertinentes para el ajuste respectivo.
29. Informar al gestor del cliente sobre los procesos de mejora, oportunidades y factores críticos de éxito en la Gestión Administrativa.
30. Notificar al gestor del cliente cuando se requiera atender reclamaciones del contratista o la comunidad durante la ejecución del contrato, para que éste asuma o de traslado a quien corresponda dar solución.

31. Solicitar los paz y salvos por todo concepto de proveedores, empleados, trabajos que implique empleo indirecto y toda responsabilidad contratada que haya implicado ejecutar trabajos en terceros.
32. Asegurar toda la información en copia dura y/o magnética (registros, documentos, informes, etc.) que se genere en el desarrollo de la Gestión Administrativa del contrato; La información y documentos pertinentes pasará a ser propiedad del CLIENTE y el responsable de dicha gestión no podrá facilitar la misma a personas ajenas.

4.2 ACTAS.¹²¹⁹

Conforme al alcance y funciones de la interventoría técnica y administrativa, es necesario elaborar las siguientes actas como soporte documental de la gestión. Las actas deberán tener numeración consecutiva e indicar la fecha de su elaboración o suscripción.

Acta de Inicio del contrato.

Corresponde al documento elaborado en primer comité formal "**Reunión de Inicio de Obra**", donde los gestores "Cliente–Interventoría–Contratista" conformar el equipo coordinador del mantenimiento. El documento elaborado debe contener:

- Fecha y lugar en que se suscribe.
- Número y objeto del contrato de mantenimiento y reparación celebrado.
- Constancia sobre la verificación de cumplimiento de los requisitos legales y contractuales que deban ser satisfechos para dar inicio a la ejecución del contrato.

12. Manual para la administración y gestión de contratos de Ecopetrol s.a. ECP–DAB–M–03. Dirección de abastecimiento de bienes y servicios.

- Constancia sobre la verificación del cumplimiento a las actividades previas, acargo del contratista, para el inicio de la ejecución del contrato de mantenimiento y reparación.
- Fecha efectiva para el inicio del contrato, a partir de la cual se contará el plazo respectivo e iniciación del PDT.
- Nombre y forma de quienes la suscriben.

Acta de Acuerdo. Documento suscrito por los gestores de las Partes, donde se deja constancia de asuntos desarrollados en el contrato o acuerdos que no están contemplados en los términos del mismo y que, sin conllevar su modificación, son necesarios para la mejora o facilidad en la realización del contrato de mantenimiento y reparación celebrado.

Acta de entrega en custodia de los equipos y materiales. Se debe indicar la fecha de la entrega, quienes intervienen en ella, el número, cantidad y el estado en que se entregan los equipos de bombeo y/o materiales. (Cuando aplique).

Acta de verificación y cumplimiento de materiales y/o equipos. El contratista debe presentar los certificados de calidad de los materiales y repuestos a utilizar, certificados de calibración y conformidad de los equipos y herramientas a utilizar en cada actividad y labor de mantenimiento y reparación.

Los certificados son documentos legales emitidos por el proveedor donde se consigna la información técnica sobre composición de los materiales, ensayos y pruebas, registros constructivos y trazabilidad, registros de calibración y mantenimiento aplicados en las herramientas.

Acta de recibo de materiales, repuestos y partes sobrantes. El contratista, por obligación contractual, deberá entregar los excedentes de material, repuestos y partes no utilizadas durante la ejecución del contrato de mantenimiento y

reparación al CLIENTE. El acta debe indicar fecha del recibo, quienes intervinientes en el acto, número, cantidad y estado en que se reciben los materiales sobrantes. (Cuando aplique).

Acta de Suspensión.La firma de esta acta está a cargo del Administrador del contrato debe contener:

- Fecha y lugar en que se suscribe.
- Motivo de la suspensión parcial o totalmente del contrato.
- La suspensión parcial deben identificar las actividades cuya ejecución se suspende.
- Las consecuencias legales y económicas de la suspensión.
- Fecha estimada de reanudación de las actividades de mantenimiento o reparación en ejecución o las actividades suspendidas.

Las partes podrán reanudar la ejecución de las actividades de mantenimiento y reparación antes de la fecha indicada en el acta de suspensión cuando las circunstancias lo permitan, suscribiendo previamente un acta en la que dejen constancia expresa de lo anterior.

Si en la fecha de reanudación consignada en el acta no existen condiciones posibles para reiniciar la ejecución de las actividades de mantenimiento y reparación o de las obligaciones suspendidas, las partes dejarán constancia de ello en una nueva acta de suspensión suscrita en esa fecha, indicando toda la información antes consignada.

Acta de recibo parcial de trabajos. Se debe indicar las cantidades recibidas a satisfacción por el gestor del cliente. La firma de esta acta está a cargo del Administrador del contrato.

Acta de recibo final de trabajos. Se debe indicar las cantidades finales recibidas a satisfacción de CLIENTE. La firma de esta acta está a cargo del Administrador del contrato.

Acta de Liquidación Parcial. El documento debe indicar el estado o porcentaje de avance, del contrato de mantenimiento y reparación, realizado y recibido a satisfacción por el gestor del cliente. La liquidación parcial debe considerar los descuentos realizados durante el período respectivo y el contenido debe ser coherente con el del acta de recibo parcial.

Acta de Liquidación Final. Documento donde se registraros acuerdos, conciliaciones, transacciones, controversias y declarar a paz y salvo el contrato de mantenimiento y reparación. Debe además, contener la constancia de paz y salvo del contratista en materia de obligaciones laborales, aportes al SISTEMA DE PROTECCIÓN SOCIAL, DE PROVEEDORES Y TERCEROS INVOLUCRADOS, RECIBO Y APROBACIÓN de la garantía de estabilidad de obra o calidad del servicio y aprobación de la ampliación de la garantía de pago de salarios y prestaciones sociales u otras garantías y seguros cuando fuere necesario. La liquidación final del contrato se podrá registrar en el acta de recibo final o de terminación del contrato a realizar entre el cliente y el contratista a nivel gerencial.

4.3 INFORMES.

Entre el alcance, funciones y gestión de la interventoría técnica y administrativa es necesaria la elaboración de los informes, destacando los siguientes:

Informe Periódico:

Registra el avance y aspectos relevantes en el desarrollo del contrato, presenta la Gestión Técnica y Administrativa al gestor del cliente en un periodo determinado

en el alcance del contrato de mantenimiento. Aplica para un plazo de ejecución superior a tres (3) meses y deberá contener la siguiente información:

- Número del contrato, objeto, valor (global o estimado) y nombre del contratista.
- Pagos realizados al contratista a la fecha.
- Detalle de amortización del anticipo (si lo hubiere).
- Valor faltante por causar a pagar.
- Mantenimientos, reparaciones y servicios ejecutados y recibidos a satisfacción, conforme al reporte de la gestión técnica.
- mantenimientos, reparaciones y servicios pendientes por recibir, conforme al reporte en la gestión técnica.
- Obligaciones incumplidas por el contratista y acciones tomadas o realizadas al respecto.
- Retrasos en el PDT, cronograma o plan de ejecución y acciones tomadas o realizadas por el responsable de la gestión de contratista.
- Novedades o situaciones anormales presentadas durante el desarrollo del contrato y acciones del contratista al respecto.
- Enunciación de las actas suscritas con el contratista, indicando fecha y una síntesis de las mismas.
- Verificación del cumplimiento por el contratista, a pago de aportes al sistema de protección social (seguridad social integral y aportes parafiscales).
- Enunciación de las comunicaciones cruzadas con el contratista (enviadas y recibidas), indicando fecha y síntesis de las mismas.
- Resumen ejecutivo del estado de ejecución de contrato y evaluación parcial del contratista.

Informe Especial. Emitido a solicitud del administrador del contrato y en la oportunidad que éste determine, la gestión técnica y administrativa presentará la información específica requerida con los soportes y documentación que la sustente.

Informe Final. Terminada la ejecución del contrato, y antes de que se efectúe la liquidación final del mismo, la gestión técnica y administrativa deberá entregar al administrador del contrato un informe final que contenga, como mínimo, la siguiente información:

- Número del contrato, objeto, valor (global o estimado) y nombre del contratista.
- Fecha de inicio y fecha de terminación de la ejecución del objeto.
- Contratos adicionales celebrados.
- Reajustes (si los hubiere).
- Reconocimientos económicos (si los hubiere).
- Resumen ejecutivo de la ejecución del contrato de mantenimiento y reparación.
- Pagos realizados al contratista a la fecha.
- Detalle de amortización del anticipo (si lo hubiere).
- Valor faltante por causar.
- Mantenimientos, reparaciones y servicios ejecutados y recibidos a satisfacción, conforme al reporte de la gestión técnica.
- Mantenimientos, reparaciones y servicios pendientes por recibir, conforme al reporte en la gestión técnica.
- Obligaciones incumplidas por el contratista.
- Retrasos en el PDT y acciones a realizar por la gestión de contratista.
- Novedades o situaciones anormales presentadas durante el desarrollo del contrato, y acciones del contratista y los Gestores.
- Sanciones impuestas al contratista en desarrollo del contrato.
- Constancia sobre el cumplimiento del contratista en las obligaciones laborales y pagos al sistema de protección social (seguridad social integral y aportes parafiscales).
- Constancia sobre el cumplimiento del contratista en las obligaciones con terceros (proveedores y subcontratistas), cuando aplique.

- Verificación de que las garantías de estabilidad de obra o calidad del servicio y pago de salarios y prestaciones sociales u otras que aplicaren, se ajustan a los plazos contractualmente previstos.

Informe de Costos: Incluye Curva “S” de Costos Planeada Vs Real, mayor cantidad de obra y análisis de los costos.

Informe de HSE: Incluye gestión en salud ocupacional, gestión en seguridad industrial, preparación para emergencias, logística, lecciones aprendidas y gestión ambiental. Los informes periódicos y especiales forman parte del informe final del contrato y deben ser anexados al mismo.

Informe ejecutivo: donde se presentan las curvas de progreso físico en la ejecución contrato.

Reseña fotográfica de los trabajos ejecutados: Informe fotográfico con el antes y después de los trabajos más significativos realizados durante el desarrollo del contrato.

Informe de QA/QC: Trabajos de no calidad, equipo, incidente, causa, acción impartida; información general de calidad.

Bitácora: Contractual levantada en desarrollo del contrato. ²⁰¹⁰

Informe sobre Oportunidades de Mejora.

Al finalizar el contrato la gerencia de la interventoría debe entregar un informe que registre en resumen las lecciones aprendidas más representativas que se identificaron en el desarrollo del contrato y sus recomendaciones al respecto.

10. ECP-DAB-M-03. MANUAL PARA LA ADMINISTRACIÓN Y GESTIÓN DE CONTRATOS DE ECOPETROL S.A. dirección de Abastecimiento de Bienes y Servicios.

4.4 GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN Y MANEJO DOCUMENTAL.

Es responsabilidad contractual de la interventoría solicitar al contratista, antes de iniciar labores de mantenimiento y reparación, para revisión y aval la información relacionada con el plan de calidad, los procedimientos de trabajo, instructivos, registros y demás documentos a manejar y que sean de interés en la compilación de dossier final.

La interventoría debe asegurar que los documentos se elaboren bajo un lenguaje sencillo pero ante todo técnico. Los documentos que hablan de un mismo tema deben, en lo posible, integrarse en un solo documento.

El cliente debe facilitar la información técnica, ingeniería, registros de construcción, información de fábrica, trazabilidad y toda información tendiente a garantizar la correcta ejecución del mantenimiento o reparaciones objeto del contrato.

El plan de calidad es un documento administrativo propio de cada organización, por lo tanto, la gestión de la interventoría lo solicita para conocer los alcances dentro de la organización, roles y responsabilidades, emitir canales de comunicación efectivos dentro de la organización y lograr así celeridad en los diferentes procesos.

Los procedimientos de trabajo son los documentos técnicos de apoyo en la gestión del riesgo y específicos para cada labor, describen de forma detallada (en paso a paso) cada actividad, nombra de forma exacta las herramientas requerida, determina las variables a controlar, permiten a todos los trabajadores saber cómo se debe ejecutar las labores y cuáles son los criterios establecidos durante la ejecución del mantenimiento y reparación.

Algunos ítems considerados de valor y controlados por los procedimientos de trabajo seguro:

- Reducir la variabilidad de los procesos
- Otorgar garantía del control de riesgos
- Verificación de la forma de trabajar
- Oportunidad de mejorar
- Identificación de Fallas
- Reducir el tiempo de máximo desempeño
- Establecer las ocupaciones
- Identificación y selección de trabajos/tareas
- realizar inventario crítico
- Identificación de fuentes de ineficiencia y pérdidas y situaciones peligrosas
- Verificación de la necesidad, validez y eficiencia de cada paso
- Restablecimiento de los controles

Los instructivos son documentos aplicados en actividades específica, por lo general, se utilizan como anexos a los procedimientos de trabajo con el objeto de ampliar la información.

Los registros son documentos utilizados para consignar la información y evidencia los valores de metrología, estado antes – después, estado final, demás datos de carácter cuantitativo y cualitativo que facilitan la trazabilidad del mantenimiento.

Solución de Conflictos Documentales

La interventoría es el ente encargado de dar viabilidad al conflicto y definir cuál documento prevalece partimento de principios de jerarquía superior. Si no es posible solucionar el conflicto, se debe aplicar los siguientes criterios: la norma

especial prima sobre la general, entre normas del mismo nivel la posterior deroga la anterior.

4.5 A TENER EN CUENTA EN LOS PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO Y REPORTES DE INSPECCIÓN.

Es buena práctica en la gestoría de la interventoría, durante la revisión de los procedimientos de trabajo, asegurar que el contratista tenga en cuenta lo siguiente:

- Identificación visible con letras y/o números las partes desmontadas mientras se realice el mantenimiento, de tal manera que no se pierda su trazabilidad durante el proceso de transporte y/o limpieza.
- Toda reparación o reproceso no contemplado en el procedimiento inicial, se deberá verificar el método de reparación y previa aprobación del cliente.
- En el caso de los elementos de sujeción (tornillos, espárragos, tuercas), se verifica el estado después de la limpieza, con el fin de determinar si es apta su reutilización.
- Todas las placas de identificación deben ser retiradas, ubicadas en lugares sanos,
- Las calibraciones y alineaciones posteriores al montaje deberán ser atestiguadas y registradas en los formatos del contratista.
- El ejecutor debe levantar registros fotográficos de cada labor relacionada con el mantenimiento o reparación a realizar.

4.6 ASEGURAMIENTO EN LA GESTIÓN DE INTERVENTORÍA.

Durante la ejecución de cada una de las labores de mantenimiento realizadas por el personal técnico del contratista, la interventoría debe verificar, controlar y avalar las siguientes actividades:

- Evidenciar y controlar el seguimiento a los procedimientos de trabajo seguro avalado y aprobado por los gestores de la interventoría y el cliente.
- Veracidad de la información registrada, en lo relacionado a estado de partes y componentes, así como las calibraciones preliminares durante el desensamble de las bombas.
- Los Informes de justificación de cambios de partes de acuerdo al trabajo desarrollado en cada equipo.
- Los registros de la información cuantitativa y cualitativa del estado de las partes y componentes nuevos que van a ser instalados, así como las calibraciones finales durante el ensamble del equipo.
- Toda la información referente a calibraciones, estado de componentes, cambio de partes y demás; serán respectivamente comparadas con las dimensiones y holguras permitidas por el fabricante de cada bomba.
- Cumplimiento de las recomendaciones e información técnica suministrados por el proveedor del equipo en los manuales.

Toda la información en referencia será entregada en su momento al gestor del cliente con los respectivos informes de interventoría.

4.7 LOS INDICADORES DE GESTIÓN EN MANTENIMIENTO DE BOMBAS.

A nivel global, la gestión del mantenimiento se plantea partiendo de la hipótesis que existe un conjunto de indicadores mediante los cuales es posible evaluar el estado y mejoramiento del mantenimiento, eleva el nivel de excelencia y los resultados económicos en la gestión de la organización. El patrón de gestión se selecciona dentro de un gran conjunto de indicadores, los necesarios para medir la gestión del mantenimiento.

Artículos especializados en mantenimiento expresan la preocupación momento de definir los indicadores utilizados en la evaluación del mantenimiento. Los factores a medir son claves para definen los indicadores útiles y obtener resultados significativos, proporcionan herramientas de ayuda en la selección, se deben aplicar según el sector económico y facilitar la gestión gerencial.

El número de indicadores a utilizar depende del número de objetivos a mantener bajo control para cumplir con el alcancé definido. En el libro “administración Moderna del Mantenimiento”, el autor el Ing Lourival Augusto Tavares,define los siguientes:

TMEF: Tiempo medio entre fallas; relación entre el producto del número de ítems por sus tiempos de operación y el número total de fallas detectadas en esos ítems, en el periodo observado.

TMPR: Tiempo medio para la reparación; Relación entre el tiempo total de intervención correctiva en un conjunto de ítems con falla y el número total de fallas detectadas en esos ítems, en el periodo observado.

TMPF: Tiempo medio para la falla. Relación entre el tiempo total de operación de un conjunto de ítems no reparables y el número total de fallas detectadas en esos ítems, en el periodo observado.

CMPT: Costo de mantenimiento por Facturación. Relación entre el costo total de mantenimiento y la facturación de la empresa en el periodo considerado.

CMRP: Costo de Mantenimiento por Valor de Reposición. Relación entre el costo total de mantenimiento acumulado de un determinado equipo y el valor de compra de un equipo nuevo (valor de reposición).

5. MANTENIMIENTO APLICADO A BOMBAS CENTRIFUGAS DE PROCESO.

En la presente sección y dando cumplimiento a uno de los objetivos específicos en la monografía, se presenta las bases fundamentales en la prevención y determinación de fallas o averías en los equipos de bombeo clasificados dentro de las bombas centrifugas.

El mantenimiento es un conjunto de actividades aplicadas, especialmente en este caso, a bomba centrifugas con el fin de prevenir o corregir fallas o averías causadas por la operación y otras variables. El objeto es asegurar que las bombas centrifugas y el equipo de bombeo continúe desempeñando las funciones deseadas y prestando el servicio para el cual fueron diseñadas y seleccionadas.

Como es evidente, debido a la incapacidad para que los equipos e instalaciones se mantengan en buen funcionamiento por sí mismos, debe organizarse un grupo de personas encargados de ejecutar los planes de mantenimiento específicos y compilados en los procedimientos e instructivos presentados.

Un programa de mantenimiento de rutina puede extender la vida útil de las bombas. Los equipo bien mantenido durará más tiempo y requirieren menos reparaciones; los registros del mantenimiento facilitan identificar con precisión las causas potenciales de la falla o avería.

5.1 DIAGNÓSTICO GENERAL

El responsable por definir el diagnostico confiable en cada falla es el ejecutor del contratista, con el acompañamiento técnico de la interventoría en cada etapas y

soportado en los registros históricos de mantenimiento y operación, normalmente suministrados por el cliente.

Para el diagnóstico es importante tener los manuales de instalación, operación y mantenimiento IOM, suministrados por el fabricante, en donde se presentan las mejores recomendaciones. El informe del diagnóstico de la bomba se envía al cliente para su aprobación, incluyendo el plan detallado para la ejecución del mantenimiento.

5.2 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO RECOMENDADO PARA LAS BOMBAS CENTRIFUGAS.

**Figura 34. Bombas de transferencia de crudo instaladas en campo rubiales
Cortesía de Pacific Rubiales Energy.**

PLAN DE MANTENIMIENTO BOMBAS SISTEMA DE TRANSFERENCIA DE CRUDO, TAG: P-908-A/B/C/D/E
CPF1



1- Contexto Operacional

2- Resumen Estrategia de Mantenimiento

3- Hojas de Ruta por Especialidad

Elec Mec Ins CBM

4- Balance de Horas Hombre

5- Disponibilidad Máxima del Sistema

□

Los fabricantes de bombas centrifugas recomiendan ajustar los intervalos de inspección de adecuado a:

1. El tipo de fluido bombeado, para lo cual se clasifica en Fluido abrasivo o Fluido corrosivo
2. Las condiciones del entorno, dentro de los cuales se pueden clasificar agresivos, potencialmente explosivo, bajo techo, etc.

5.2.1 Inspección de rutina: Los fabricantes de equipos de bombas centrifugas recomiendan realizar las siguientes tareas durante las inspecciones de rutina.

- Verificación y control del nivel y el estado del aceite a través de la mirilla de vidrio del porta cojinetes. Lubricación de cojinetes y/o rodamientos.
- Verificación de niveles inusuales de ruido, de vibraciones y de temperaturas en los cojinetes. Análisis de vibraciones y toma de temperatura
- Inspección y control de fugas en la bomba y tuberías de conexionado.
- Inspección y control de la presión en la descarga y succión.
- Inspección y control de fugas en la cámara del sello y/o el prensaestopas.
- Asegúrese de que no haya fugas en el sello mecánico.
- Ajuste o reemplace la empaquetadura en la caja de empaque si observa fugas excesivas.

5.2.2 Inspección Trimestral: Los fabricantes de equipos de bombas centrifugas recomiendan las siguientes tareas durante este periodo de inspecciones:

- Verificación de la cimentación y ajuste de los pernos de sujeción.
- Verificación del sello mecánico o empaquetadura si la bomba estuvo fuera de funcionamiento y reemplace de ser necesario.
- Mínimo cambie el aceite cada tres meses (2.000 horas de funcionamiento).
- Cambie el aceite con más frecuencia si hay condiciones atmosféricas u otras variables son adversas y puedan contaminar o descomponer el aceite.

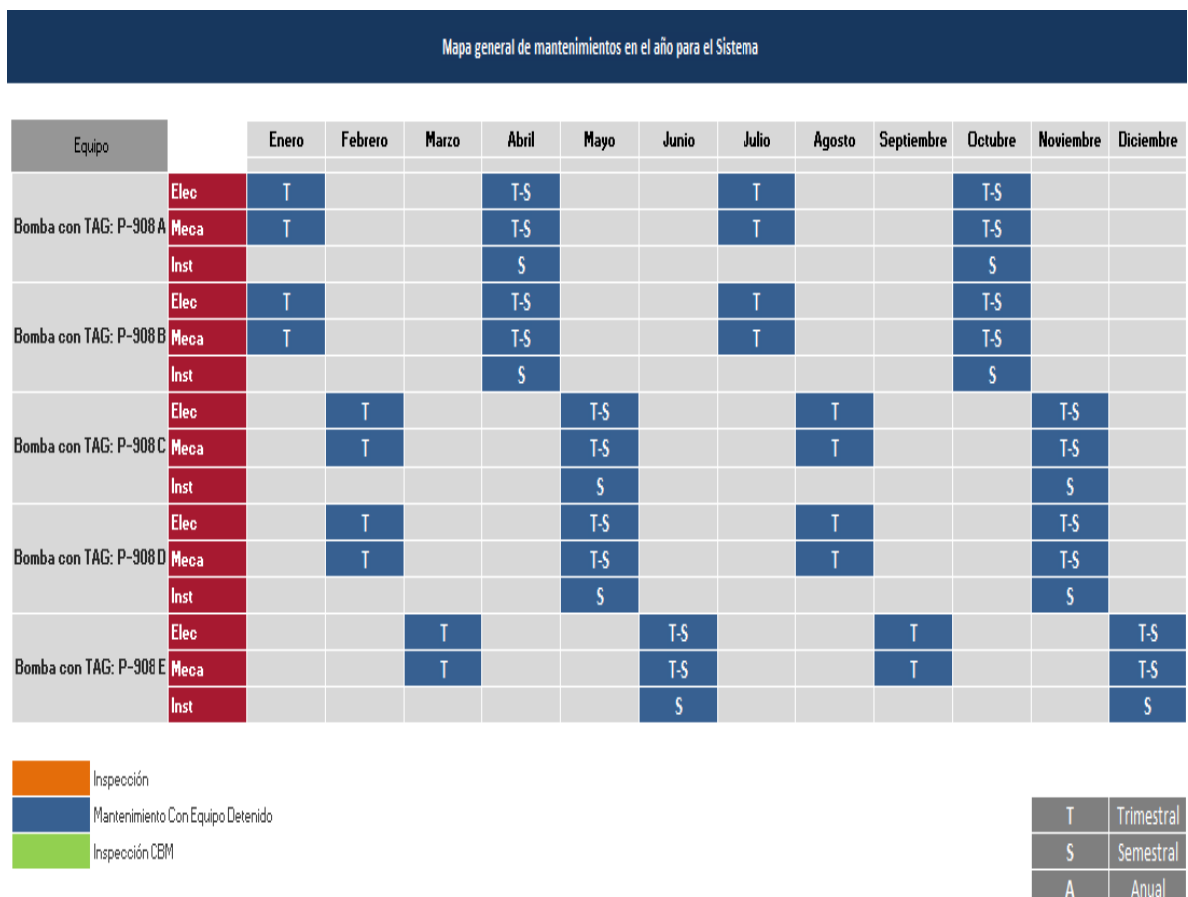
- Verificación y control de la alineamiento bomba – reductor – motor y vuelva a alinearlo si es necesario.

5.2.5 Inspección Anual: Los fabricantes de equipos de bombas centrífugas recomiendan realizar las siguientes inspecciones una vez al año:

- Inspección y control de la capacidad de la bomba.
- Inspección y control de la presión de la bomba.
- Inspección y control la potencia de la bomba.

Si el rendimiento no satisface los requisitos del proceso y los parámetros del proceso no cambiaron, se debe: desmontar la bomba, inspeccionar y reemplazar las partes desgastadas; si prevalece debe hacerse una inspección del sistema.

Figura 35. Mapa General de Mantenimiento.



Mantenimiento de los cojinetes

Las condiciones de lubricación de los cojinetes dependen, en gran parte, de las distintas temperaturas del fluido bombeado. Si la bomba centrífuga excede los valores permitidos de temperatura en el fluido bombeado, consulte al representante.

Programa de lubricación de los rodamientos:

1. Cojinetes lubricados con aceite: Agregue aceite antes de instalar y poner en marcha la bomba. **Consulte tabla sobre aceite.** Las bombas, por facilidad de transporte, se envían sin aceite y los cojinetes se deben lubricar en el lugar de instalación. El aceite debe ser cambiado en un periodo de 200 a 300 horas de funcionamiento, según la temperatura del cojinete.

Cambio del aceite

1. Retire el tapón de drenaje del aceite, según identificación proporcionado por el proveedor.
2. Drene el aceite.
3. Lave la bomba con aceite nuevo.
4. Limpie el tapón de drenaje de aceite.
5. Cierre el drenaje de aceite.
6. Llene la bomba con aceite nuevo.

NOTA. Consulte en el manual de cada equipo el capítulo Lubricación de los cojinetes con aceite. Deseche el aceite usado según las regulaciones ambientales locales

Cronograma sobre lubricación (cambio de aceite).

El aceite debe cambiarse al menos una vez al año en las cantidades señaladas en los manuales de cada bomba. Varían de acuerdo al tamaño, fabricante y marca.

Temperatura del cojinete	Primer cambio de aceite	Cambios de aceite siguientes
Hasta 140°F (60°C)	Después de 300 horas de funcionamiento	Cada 8.760 horas de funcionamiento
140°F a 176°F (60°C - 80°C)	Después de 300 horas de funcionamiento	Cada 4000 horas de funcionamiento
176°F a 212°F (80°C - 100°C)	Después de 200 horas de funcionamiento	Cada 3.000 horas de funcionamiento

- Siga estrictamente el cronograma de cambio de aceite si la bomba funciona en un entorno potencialmente explosivo.
- Cambie el aceite cada dos años si la bomba está inactiva.
- Deseche el aceite usado según las regulaciones ambientales locales

2. Cojinetes lubricados con grasa: Aplique la grasa recomendada por el fabricante del equipo acorde con la temperatura de trabajo una vez la bomba sea instalada en sitio (Preservación del equipo de bombeo). **Consulte tabla sobre Grasas.** En operación cambia la grasa cada 4.000 horas de funcionamiento o una vez por año (lo que suceda cumpa primero). Cada dos años si la bomba está inactiva.

Lubricación con grasa. A tener en cuenta cuando se lubrica con grasa:

- El fabricante envía las bombas con cojinetes lubricados y listas para usar.
- Aplique grasa de litio, adecuada paratemperaturas entre -22° F a 194° F (-30°C a 90° C) cuando se mide en la superficie del bastidor del cojinete.
- Asegúrese que la temperatura en cojinetes, medidas en el bastidor, no sean superiores a 122° F (50° C) por encima de la temperaturaambiente y que nunca excedan los 194 °F (90° C) cuando se revisan semanalmente.

Re-engrase de los cojinetes lubricados con grasa

1. Limpie hasta eliminar la suciedad de los accesorios a engrasar.
2. Llene las cavidades de grasa de los accesorios con la grasa recomendada.
3. Elimine el exceso de grasa.

4. Verifique y controle la alineación.

NOTA. Asegúrese que el contenedor de grasa, el dispositivo de aplicación de la grasa y los accesorios a engrasar estén limpios, de lo contrario, pueden ingresar impurezas en el alojamiento de los cojinetes.

La temperatura del cojinete suele aumentar en 9°F a 18°F (5°C a 10°C) después de volver a engrasar debido al exceso en el suministro. Las temperaturas se normalizan aproximadamente entre 2 a 4 Hr de funcionamiento, a medida que la bomba hace fluir la grasa y purga el sobrante de los cojinetes.

Mantenimiento de los sellos mecánicos. El sello mecánico utilizado en un ambiente previamente clasificado debe estar certificado correctamente. Antes del arranque asegure todas las áreas que puedan provocar fuga, de fluido bombeado, en el ambiente de trabajo estén cerradas.

El fabricante suministra el plano de referencia del sello mecánico en el dossier de construcción y debe ser archivado en la hoja de vida del equipo para uso futuro, cuando realice el mantenimiento y ajustes del mismo (sello). En el plano del sello especifica el tipo de fluido de lavado requerido y los puntos de conexión necesarios.

Vida útil de un sello mecánico. La vida de un sello mecánico depende de varios factores, tales como, la limpieza del fluido a bombear y sus propiedades de lubricación. Sin embargo, debido a la diversidad de condiciones de operación, no es posible dar indicaciones definitivas en cuanto a su vida útil.

PRECAUCIÓN: Nunca opere la bomba sin el suministro de fluido al sello mecánico. Si hace funcionar un sello mecánico en seco, aún por algunos segundos, se pueden producir daños en el sello.

Antes de poner en marcha la bomba compruebe el estado del sello y el conexionado de todas las tuberías de lavado.

5.3 PROBABLES FALLAS Y AVERÍAS COMUNES EN BOMBAS CENTRIFUGAS.

Síntoma	Causa probable	Solución
No entrega líquido.	La bomba no está cebada.	Vuelva a cebar la bomba, verifique que la bomba y la línea de succión estén llenas de líquido.
	Línea de succión taponada/no llena con líquido.	Quite las obstrucciones/llene la línea.
	Impulsor atascado con materias extrañas.	Lave la bomba con desagüe reverso para limpiar el impulsor.
	Válvula de aspiración o tubo de succión no sumergido lo suficiente.	Consulte con la fábrica para la profundidad adecuada. Use deflector para eliminar los vórtices.
	Altura de succión demasiado alta.	Acorte la tubería de succión.
	Dirección de rotación incorrecta.	Provea rotación correcta.
	Cavidad de aire o vapor en la línea de succión.	Ventile la línea de succión.
	NPSH disponible no es suficiente.	Aumente la NPSH disponible.
	La bomba no funciona a la velocidad nominal	Aumente la velocidad.
	La altura del sistema demasiado alta.	Disminuya la resistencia del sistema.
La bomba no produce el flujo nominal o descarga.	Fuga de aire a través de la empaquetadura.	Reemplace la empaquetadura.
	Fuga de aire a través del prensaestopas. O sello mecánico	Cambie o reajuste el sello mecánico/de empaque.
	Impulsor parcialmente atascado.	Lave la bomba con flujo en reverso para limpiar el impulsor.
	Desgastes en la placa lateral de succión o los anillos de desgaste.	Reemplace la pieza defectuosa según se requiera.
	Insuficiente altura de succión.	Asegure que la válvula de cierre de la línea de succión esté totalmente abierta y que la línea no tenga obstrucción y esté llena de líquido. Ventile la línea de las cavidades de vapor o aire. Aumente la altura de succión.
	Desgastado o roto el impulsor.	Inspeccione y reemplace si es necesario.
	Equivocada la dirección de rotación.	Cambie la rotación para que coincida con la dirección indicada por el eje en la caja de cojinetes.
	NPSH disponible no es suficiente.	Aumente la NPSH disponible.
La bomba no funciona a la velocidad nominal.	Aumente la velocidad.	
La bomba arranca	Bomba cebada impropia.	Vuelva a cebar la bomba.

y luego para de bombear.	Bolsas de aire o vapor en la línea de succión.	Re-arregle la tubería para eliminar las bolsas de aire.
	Fuga de aire en la línea de succión o cámara de sello.	Repáre (tapone) la fuga.
	Aire o vapor en el líquido.	Quite el aire al líquido, mantenga la presión para evitar la vaporización.
	NPSH disponible no es suficiente	Aumente la NPSH disponible.
Los cojinetes se calientan.	Alineamiento inadecuado.	Re-alinee la bomba y el motor.
	Lubricación inadecuada.	Verifique la lubricación en cuanto a la adaptabilidad, cantidad, calidad y presión. Quite la suciedad y humedad del aceite y los cojinetes.
	El enfriamiento de lubricante.	Verifique el sistema de enfriamiento, limpie el enfriador de aceite
	Cojinetes demasiado apretados.	Cambie los cojinetes.
	Vibración excesiva.	Corrija la causa de la vibración.
La bomba hace ruido y vibra.	Impropia alineación de la bomba/motor.	Alinee los ejes, vuelva a verificar la estabilidad de las tuberías.
	Impulsor parcialmente atascado causa desequilibrio.	Lave la bomba por inundación hacia atrás para limpiar el impulsor, quite el elemento rotativo para inspeccionar, si es necesario.
	Impulsor o eje roto o doblado.	Reemplace según se requiera.
	Desequilibrado el impulsor.	Balancee el impulsor.
	Cimentación no rígida.	Asegure el contacto uniforme de la bomba y/o apoyos con la cimentación, confirme que los pernos estén apretados.
	Cojinetes desgastados.	Reemplace cojinetes desgastados.
	Tubería de succión o descarga no está anclada o soportada adecuadamente.	Ancle de acuerdo con las recomendaciones de las Normas del Instituto Hidráulico. Verifique según el Apéndice del API o las cargas de tubería.
	La bomba está cavitando.	Identifique y arregle el problema del sistema.
	Afloje los pernos de sujeción del motor o de la bomba.	Apriete los pernos, verifique el nivel y alineación, y corrija según se requiera.
	Vibración transmitida del motor a la bomba.	Desconecte el acoplamiento y opere el motor a velocidad plena. Si el motor vibra, siga las instrucciones del fabricante para la acción correctiva.
Fuga excesiva del prensaestopas.	Piezas de sello mecánico desgastadas.	Reemplace las piezas desgastadas.
	Sellos mecánicos se recalientan.	Verifique la lubricación y las líneas de enfriamiento.
	La camisa del eje rayada.	Vuelva a maquinarse o cambie según se requiera.
El motor requiere fuerza excesiva.	La altura menor que la de régimen. Bombea demasiado líquido.	Consulte a la fábrica. Instale la válvula de estrangulación, ajuste el

		diámetro del impulsor. Confirme la curva de altura del sistema
	Líquido más pesado que lo esperado.	Verifique la gravedad específica y la viscosidad.
	Las partes en rotación se rozan.	Verifique las piezas de desgaste interno viendo si tienen luces apropiadas.
	Velocidad demasiado alta.	Disminuya la velocidad.
	Mala alineación.	Alinee los ejes.
	Eje doblado.	Corrija o cambie el eje.
Los cojinetes se desgastan rápidamente.	Mala alineación.	Realice la bomba y el motor.
	Eje doblado.	Corrija o cambie el eje.
	Vibración	Corrija la causa de la vibración.
	Empuje excesivo resultante de la falla mecánica o desgaste dentro de la bomba.	Verifique la causa del empuje excesivo y disminuya el empuje.
	Lubricación incorrecta.	Verifique la lubricación en cuanto a la adaptabilidad, cantidad, calidad y presión. Quite la suciedad y humedad del aceite y los cojinetes. Calidad y presión. Quite la suciedad y humedad del aceite y los cojinetes.
	Cojinetes instalados incorrectamente.	Reinstale los cojinetes confirmando la dimensión correcta.
	Excesivo enfriamiento de los cojinetes.	Verifique el sistema de enfriamiento, monitoree la temperatura para confirme la velocidad de enfriamiento.

Solución a fallas por alineación.

Síntoma	Causa probable	Solución
Sin alineación horizontal (angular o paralela).	Las patas del motor están sujetas con pernos.	Ajuste los pernos de sujeción de la bomba y deslice la bomba y el impulsor hasta lograr la alineación horizontal.
	La base no está nivelada de manera adecuada y probablemente presente ondulación.	1. Determine cuáles son las esquinas de la plancha de base que están altas o bajas.
		2. Agregue o quite separadores en la esquina adecuada.
		3. Vuelva a alinear la bomba y el impulsor.
Sin alineación vertical (angular o paralela).	La base no está nivelada de manera adecuada y posiblemente presente ondulación.	1. Determine si el centro de la base debería levantarse o bajarse.
		2. Nivele los tornillos de manera equitativa en el centro de la base.
		3. Vuelva a alinear la bomba y el impulsor.

Solución a fallas de montaje.

El juego axial del eje es excesivo.	La distancia interna entre los rodamientos excede la cantidad recomendada.	Reemplace los cojinetes con un cojinete del tipo correcto.
	El anillo de ajuste a presión está flojo en la ranura de la carcasa de los cojinetes.	Vuelva a ajustar el anillo de ajuste a presión.
Existe desviación entre el eje y el manguito.	El manguito está desgastado.	Reemplace el manguito.
	El eje está doblado.	Reemplace el eje.
Existe desviación entre la brida y el bastidor del cojinete.	El eje está doblado. Reemplace el eje.	Reemplace el eje.
	La brida del bastidor del cojinete está deformada.	Reemplace la brida del bastidor del cojinete
Existe desviación del adaptador del bastidor con la estructura.	Hay corrosión en el adaptador de porta cojinetes.	Reemplace el adaptador del bastidor del cojinete
	El casquillo del adaptador del bastidor del cojinete no está bien montado.	Vuelva a colocar el adaptador del bastidor y asegúrese que esté bien instalado.
Existe desviación entre la cámara de sellado y tapa de la caja.	La cámara de sellado o la tapa de la caja no están bien colocadas en el adaptador del bastidor.	Vuelva a instalar la cámara de sellado o la tapa de la caja.
	Existe corrosión o desgaste en la cámara de sellado o en la cubierta de la caja de empaquetadura.	Reemplace la cámara de sellado o la tapa de la caja.
Existe desviación en los alabes del impulsor.	Los alabes o el impulsor está curvado.	Reemplace el impulsor.

5.4 RECOMENDACIONES PRÁCTICAS EN LA ELABORACIÓN Y REVISIÓN DE PROCEDIMIENTOS Y PLANES DE REPARACIÓN Y MANTENIMIENTO GENERAL.

La monografía lista tipos considerados básicos en la ejecución del mantenimiento y reparaciones de las bombas centrífugas, además de las consideradas por el ejecutor del contratista en los procedimientos de trabajo seguro consecuentes a garantizan la confiabilidad del equipo:

- Los componentes de la bomba son pesados. Se deben emplear métodos adecuados izaje para evitar lesiones corporales y/o daños al equipo.

- Bloque, con tarjeta de seguridad o candado de color, el suministro de energía eléctrica al motor para impedir el arranque accidental y las lesiones corporales.
- Nunca aplique calor para retirar partes o componentes; distorsiona las superficies maquinadas y puede producir explosiones por el tipo de fluido bombeado
- Cierre todas las válvulas controlando el flujo desde y hacia la bomba.
- Drene el líquido de la tubería y lave la bomba si es necesario.
- Instalación de ciegos a las líneas asociadas a la bomba.
- Al instalar los ciegos tener en cuenta que a los filtros se les realizará limpieza mecánica.
- Verificar el estado del aceite de la caja de rodamientos y el aceite de los reservorios del plan de sellado si aplica. Retire la botella de la aceitera y guarde en un lugar seguro.
- Quite los tapones y drenaje el aceite en la parte inferior de las cajas de cojinetes. Deseche el aceite de acuerdo con las reglamentaciones aplicables.
- Retirar toda la instrumentación asociada a la bomba necesaria para el desmonte (*switches*, termocuplas, indicadores de presión, etc.)
- Verificar el estado del sello mecánico, antes de desarmar y realice reporte de inspección evidenciando si se requiere mantenimiento
- Es importante verificar que al sello mecánico se le instale los espaciadores y se afloje los tornillos que ajustan la camisa del sello mecánico al eje de la bomba.
- Retirar las guardas y el acople entre la bomba y el motor, verificar el estado de los componentes.
- Verificar si es necesario aflojar los espárragos de las bridas de succión y descarga o se repara sin retirar la carcasa.
- Realizar el registro con el respectivos archivos fotográficos del estado inicial de la bomba antes del desensambles.
- En el desarme se inspecciona cada componente visual y dimensionalmente, las calibraciones se registraran en los formatos definidos. Las dimensiones se

comparan con los parámetros permitidos por el fabricante y se define las partes a cambian.

- En los manuales de cada fabricante se definen las partes a inspeccionar en detalle y las tolerancias permitidas para cada componente. Es necesario registrar, durante el mantenimiento general de la bomba: deflexión del eje, juego axial, holguras en los alojamientos de los rodamientos, desgastes del impulsor, desgastes de carcasas, etc.
- Verificación y metrología a todas las partes en movimiento, apoyos internos y externos de los rodamientos, alojamientos de sellos mecánicos, y partes principales de acuerdo al tipo de bomba.
- Durante el proceso de armado se debe verificar las tolerancias entre partes, juegos axiales, de acuerdo a recomendaciones del fabricante y siempre tener en cuenta de instalar empaquetadura nueva.
- Consultar los valores de torque recomendados y aplicarlos, dejar registro de cada uno y solicitar atestiguamiento al realizar la actividad.
- Es necesario aplicar y reparar el recubrimiento (pintura) respectivo a cada bomba.
- Al momento del montaje de la bomba es necesario realizar el procedimiento de alineación entre ejes, primero con los espárragos de las bridas libres y luego ajustados, verificando que no existan esfuerzos entre tuberías y la bomba.
- El ejecutor y en presencia de la interventoría realizará el arranque y monitorea del equipo, durante el tiempo especificado en el procedimiento de arranque o en el que aplique (no menor a 6 horas), durante las cuales tomará datos operativos, que serán el punto de referencia para futuros registros.
- Al pasar el tiempo de arranque recomendado se realizará el cambio de custodia entre el contratista y el cliente.

5.5 CRITERIOS Y PUNTOS DE INSPECCIÓN EN LOS COMPONENTES DE LAS BOMBAS CENTRIFUGAS.

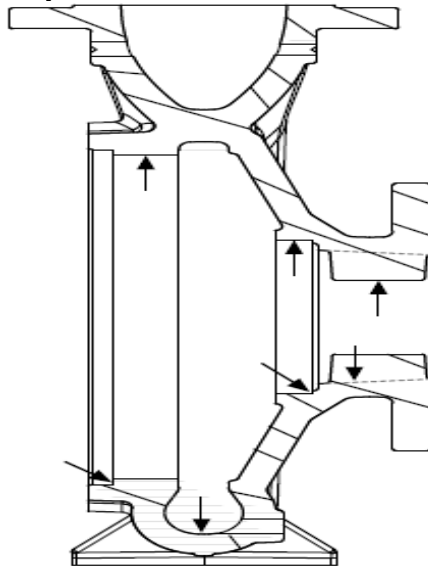
Al momento de instalar componentes o partes nuevas, se deben cumplir con los criterios requeridos y listados:

Carcasa.

Se deben inspeccionar las áreas con desgaste excesivo, corrosión, picaduras o detección de grietas. Las áreas susceptibles al desgaste se indican en la figura 36. La carcasa debe repararse o reemplazarse si exceden alguno de los siguientes criterios.

1. Desgaste localizado mayores a 1/8 pulgada (3.2 mm) de profundidad.
2. Picadura mayores a 1/8 pulgada (3.2 mm) de profundidad.
3. Irregularidades en la superficie de asiento, puede obstruir o impedir el sello.
4. Las holguras entre los anillo de desgaste excedan los valores recomendados por el fabricante. (Ver tabla en los manuales de cada fabricante).

Figura 36. Áreas de inspección en la carcasa Bombas Centrifugas.



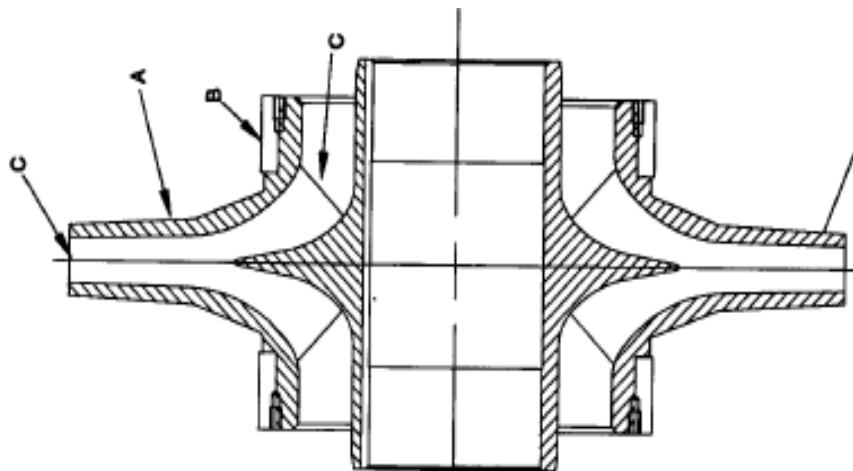
Cortesía GOULDS PUMPS Manual de instalación, operación y mantenimiento

NOTA. Cuando la holgura entre los anillos de desgaste se vuelven excesivos (aumento del 50%), el rendimiento hidráulico disminuye substancialmente.

Impulsor.

1. Inspeccionar daños en los álabes del impulsor. Cambiar si tienen irregularidades superiores a 1/16 pulgada (1.6 mm) o el desgaste superior a 1/32 pulgadas (0.08 mm). Punto “C”
2. Inspeccionar daños en los lados del impulsor. Cambiar si están doblados o con desgaste mayor a 1/32 pulgadas (0.8 mm). Punto “A”
3. Inspeccionar picaduras y daños por erosión o corrosión en los bordes anterior y posterior. Cambiar si el daños supera 1/32 pulgadas (0.08 mm) Punto “C”
4. Verifique desgastes, picaduras, daños de erosión o corrosión en las superficies del anillo de desgaste (Punto B). Cambie si la holgura del anillo de desgaste de la carcasa ha aumentada más del 50% de la holgura original.
5. Limpiar y verificar el diámetro del alma del impulsor.
6. Verificar el balanceo del impulsor. Se debe volver a balancear si excede el criterio de ISO G1.0 (4W/N).

Figura 37. Áreas de inspección en los Impulsores Bombas Centrifugas.



Cortesía GOULDS PUMPS Manual de instalación, operación y mantenimiento

Rodamientos, cojinetes y caja de Rodamientos

No es recomendable utilizar los mismos rodamientos después de realizar un mantenimiento mayor. El estado de los cojinetes proporciona información útil acerca de las condiciones de funcionamiento.

Los controles al momento de inspeccionar los rodamientos:

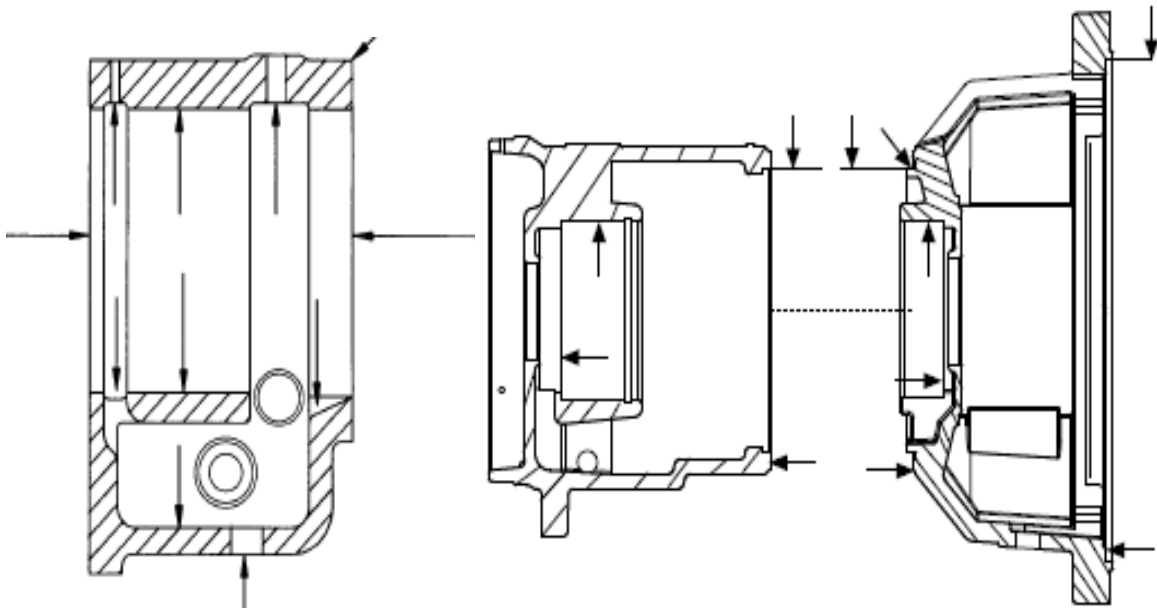
1. Inspeccionar los elementos rodantes, el grado de contaminación y daño; Verificar si están sueltos, tienen superficies irregulares y el grado del ruido al momento de girarlos.
2. La condición y el residuo del lubricante.
3. El daño al cojinete debe investigarse para determinar la causa. Si la causa no es desgaste normal debe corregirse antes que la bomba vuelva a su estado de servicio.
4. Los rodamientos retirados del eje deben ser cambiados y reemplazados por el tipo y tamaño correcto según especificación del fabricante.

Inspecciones en las cajas de rodamientos: La verificación de grado de desgaste, corrosión, picaduras o detección de grietas y rebabas determina el estado de aceptación, las holguras con los rodamientos deben compararse con las tolerancias de fábrica.

Compruebe las siguientes condiciones y repare o cambie según la condición:

1. Inspeccionar visualmente el estado de la caja y el soporte para detectar grietas.
2. Verificar el estado de las superficies internas del soporte y determine el grado de oxidación, corrosión, picadura o sucias.
3. Eliminar todos los materiales sueltos y extraños.
4. Verificar el estado de limpieza de todos los conductos de lubricación.
5. Inspeccionar los orificios del rodamiento interior.

Figura 38. Áreas de inspección en los rodamientos y cajas.



Cortesía GOULDS PUMPS Manual de instalación, operación y mantenimiento

Anillos y empaquetadura de aceite

Los anillos de aceite deben ser tan redondos como sea posible para que funcionen bien. Cambiar los anillos si están desgastados, distorsionados y/o dañados.

Contratuercas del impulsor

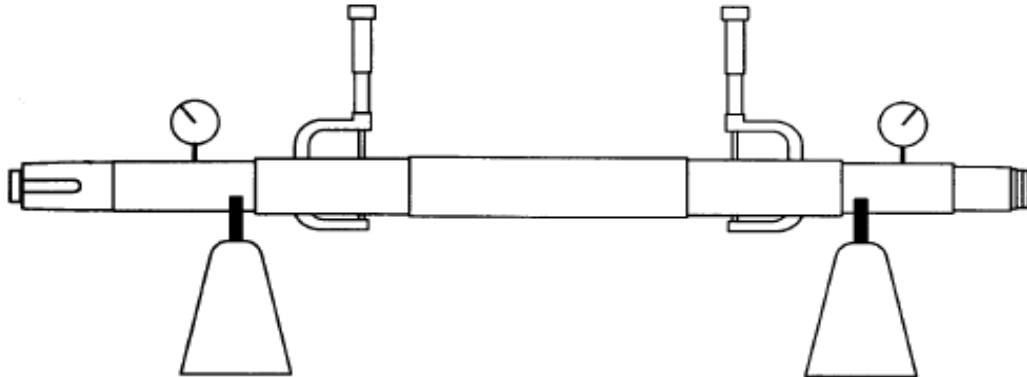
Las superficies de la contratuerca deben ser suaves, sin rayas y exentas de estrías, especialmente en las áreas indicadas por los ejes en la figura. Verifique el diámetro exterior de las contratuercas.

Eje

1. Verificar los ajustes en los cojinetes. Si alguna está fuera de las tolerancias indicadas por el fabricante (API, 8a. Edición, Tabla 5-1), el eje debe ser cambiado.
2. Verificar la superficie del eje si tiene daños. Cambiar si los daños no son reparables.

3. Verificar la rectitud Utilizando bloques en “V” o rodillos donde se soporte el eje, el cual, debe ser cambiado si presenta pandeo y el descentramiento excede los valores dados por el fabricante (API, 8a. Edición, Tabla 5-1).

Figura 39. Áreas de inspección en los Eje.



Cortesía GOULDS PUMPS Manual de instalación, operación y mantenimiento

Se recomienda **NO** utilizar los centros del eje para verificar el descentramiento ya que los mismos pueden haberse dañado cuando se quitaron los cojinetes o el impulsor.

Requisitos de descentramiento del eje y rotor (Extraídos de la Tabla 5-1 del API 610, 8a. Edición)				
Factor de rigidez (Nota 1) L^3/D^4 , mm. ² (pulg. ²) (Nota 2)	$>1.9 \times 10^9$ (3.0×10^9)		1.9×10^9 (3.0×10^9)	
Descentramiento permisible del eje, lect. total del indicador - m. (pulg.)	40 (0.0015)		25 (0.0010)	
Ajuste del componente al eje	Juego	Interferencia	Juego	Interferencia
Descentramiento radial permisible del rotor, um. (pulg.)	90 (0.0035)	60 (0.0025)	75 (0.0030)	50 (0.0020)

Notas:

1. El factor de rigidez del eje está relacionado directamente a la deflexión estática del eje simplemente apoyado. El valor L^3/D^4 da una buena indicación de la rigidez obtenible durante la fabricación. Demuestra la calidad del equilibrio que puede obtenerse y mantenerse.
2. L = tramo del cojinete; D = diámetro mayor del eje al impulsor.
3. Descentramiento total indicado de los cubos del impulsor, tambor de equilibrio y manguitos.

Empaquetaduras, anillos y asientos

1. Se recomienda, como buena práctica de mantenimiento, cambiar todos los empaques, anillos en O (o-ring), y las compensación cada vez que desmonte el equipo.
2. Inspeccionar los asientos, deben ser suaves y estar exentos de defectos físicos. Si es necesario volver a metalizarlos y maquinados (Reparación) para restaurar la condición de operación debe contactarse al Taller de servicio técnico autorizado por el fabricante. Las relaciones dimensionales deben mantenerse entre las superficies. Los componentes serán reemplazados si los asientos están dañados y no pueden repararse.

Las juntas y empaque metálicos(Espirometalicos) en espiral no deben volver a usarse.

Sello mecánico

Los sellos mecánicos son el fusible de las bombas y deben recibir servicio técnico por el fabricante del sello.

CONCLUSIONES.

La monografía presentada, como requisito para optar al título de especialista en gerencia de mantenimiento, define conceptos básicos en la gestión aplicada a la interventoría técnicas y administrativas en mantenimiento de bombas centrífugas.

El enfoque del modelo de gestión documenta y registra la planificación, coordinación, dirección, control y evaluación durante el mantenimiento; lo cual lleva al cumplimiento de las especificaciones técnicas, administrativas y normativas definidas en el alcance del contrato.

La calidad y cantidad de la información consignada en procedimientos, registros y compilada en los distintos formatos e informes es de gran importancia en la trazabilidad del mantenimiento a equipos de bombeo (bombas centrífugas).

Durante las rutinas de mantenimiento, todos los componentes deben ser inspeccionados y reparados o cambiados, según sea el diagnóstico. La inspección indica el estado y determina si puede ser usado o en su efecto perjudica la operación satisfactoria y segura de la bomba.

Los planes de inspección y reparación definen las rutinas de mantenimiento para aquellas actividades críticas, no críticas y mantenimiento de oportunidad. La inspección debe incluir los siguientes componentes, pero no está limitada únicamente a estos: Tapas extremas del cojinete, deflectores, sellos laberínticos, tuerca de seguridad del cojinete, chaveta del impulsor y chaveta de acoplamiento, arandela de seguridad del cojinete, tapa de la camisa de agua, todas las tuercas, pernos y tornillos.

REFERENCIAS

- [1] SÁNCHEZ HENAO, Julio Cesar. Interventoría de proyectos y obras. Línea editorial investigaciones [online]. 2010. Vol. 1. Medellín: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Arquitectura. [Citado el 3 de Enero de 2014]. Disponible desde internet en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/4958/2/978-958-719-284-1._2010_1.pdf>. ISBN: 978-958-719-284-1.
- [2] COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPUBLICA. Ley 80 de 1993. (28 de Octubre, 1993). Por la cual se expide el Estatuto General de Contratación de la Administración Pública. Bogotá D.C. 1993. Capítulo III, artículo 32.
- [3] KARASSIK, Igor. Bombas centrifugas, Selección Operación y Mantenimiento, 3 ed. México: Mc Graw Hill. 1971. p.15.
- [4] COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPUBLICA. Ley 789 de 2002. (27 de Diciembre de 2002). Por la cual se dictan normas para apoyar el empleo y ampliar la protección social y se modifican algunos artículos del Código Sustantivo de Trabajo. Bogotá D.C. 2002. Art. 50 modificado parcialmente por el artículo 1 de la Ley 828 de Julio 10 de 2003.
- [5] AL-JAZARI, Ibn al-Razzaz. El libro del conocimiento de los dispositivos mecánicos ingeniosos (Kitab fi ma rifat al-hiyal al-handasiyya). Traducción de Donald Hill, Dordrecht Publishing Company. 1974.
- [6] Moubray, J., & Maintenance, C. Mantenimiento centrado en Confiabilidad (RCM). Traducido y Adaptado: Carlos Mario Pérez Jaramillo. Segunda edición 1997. Disponible desde internet en <http://www.soporteycia.com.co/documentos/Sop_Med-RCM%20Sep-04.pdf>.
- [7] SUEIRO, Guillermo. Mantenimiento basado en la condición (CBM) [online]. En: Tecnología y Mantenimiento. (s.f.). Disponible desde internet en: <<http://www.lezgon.com/pdf/IB00000013/14%2016%20tecnologia%20Mant.pdf>>
- [8] American Petroleum Institute (API). Centrifugal Pump for Petroleum, Petrochemical and Natural Gas Industries. API Standard 610, Decima Edition, October 2004.

- [9] KENNETH Mc. NAUGHTON. Bombas Selección, Uso y Mantenimiento. Primera edición en español. Mc Graw Hill. México 1989
- [10] CRANE, JOHN COLOMBIA S.A Engineering Sealing Solutions. Manual de Sellos Mecánico. Argrafic editorial C.A.
- [11] BEJARANO RICO, Rafael. LATORRE CHACON, Leonardo. Bombas Centrifugas Selección, Instalación, Operación, Mantenimiento.
- [12] ECOPETROL. Manual para la administración y gestión de contratos de Ecopetrol s.a. Ecp–dab–m–03. Dirección de Abastecimiento de Bienes y Servicios.

BIBLIOGRAFIA

Catálogos de Bombas Centrifugas suministrados por la empresa BOMBAS Y RIEGOS, Medellín, Colombia.

DALLEY, Stephanie y OLESON, John Peter. . Sennacherib, Archimedes, and the Water Screw: The Context of Invention in the Ancient World. Technology and Culture 44. January. 2003.

DE SOLLA PRICE, Derek. Revision de Ibn al-Razzaz al-Jazari, The Book of Knowledge of Ingenious Mechanical Devices. Technology and Culture 16. 1975.

GONZALES JAIMES, Isnardo. Seminario I, Profundización Bibliográfica. Especialización en Gerencia de Mantenimiento. Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Mecánica. 2010

MALDONADO. José Álvaro. Manual Guía de Interventoría de Obra, Primera edición, Marzo 2000, Reimpresión Abril de 2005, Bucaramanga: Sic Editorial. 2005.

MATAIX PLANA, Claudio. Mecánica de fluidos y maquinas hidráulicas. Segunda Edición. México: Industria Editorial Mexicana. 1982.

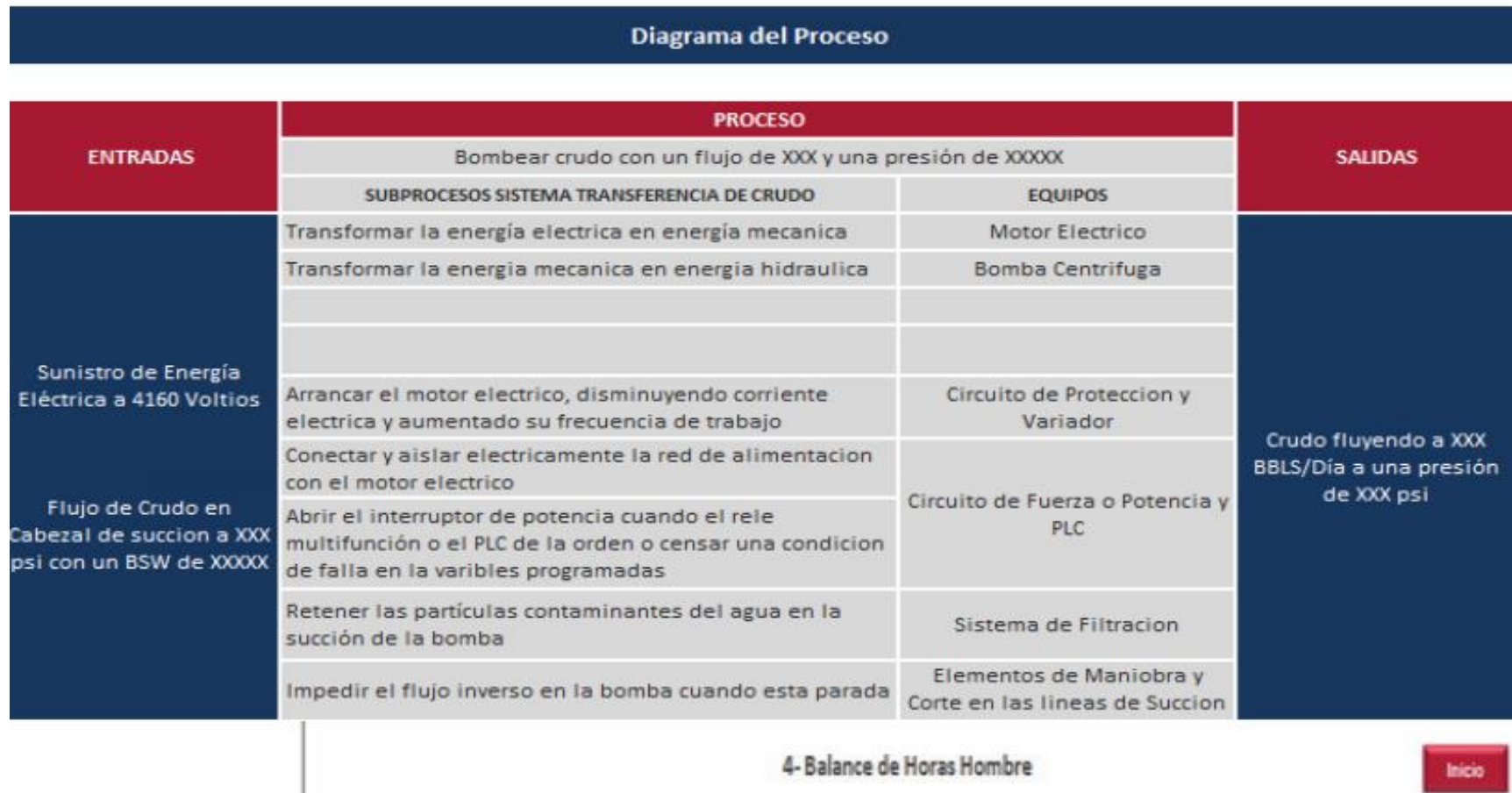
MORA, Carlos Alberto. Mantenimiento Planeación, ejecución y control. Bogota: Alfa omega 2009.

SEALCO. Planes de sellado de bombas. (s.f). Disponible desde internet en <<http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/maquinashidraulicas/seleccionbombascentrifugas/seleccionbombascentrifugas.html>>.

ANEXOS

Anexo A. Plan de mantenimiento bombas de transferencia

Cortesía PACIFIC RUBIALES ENERGY.

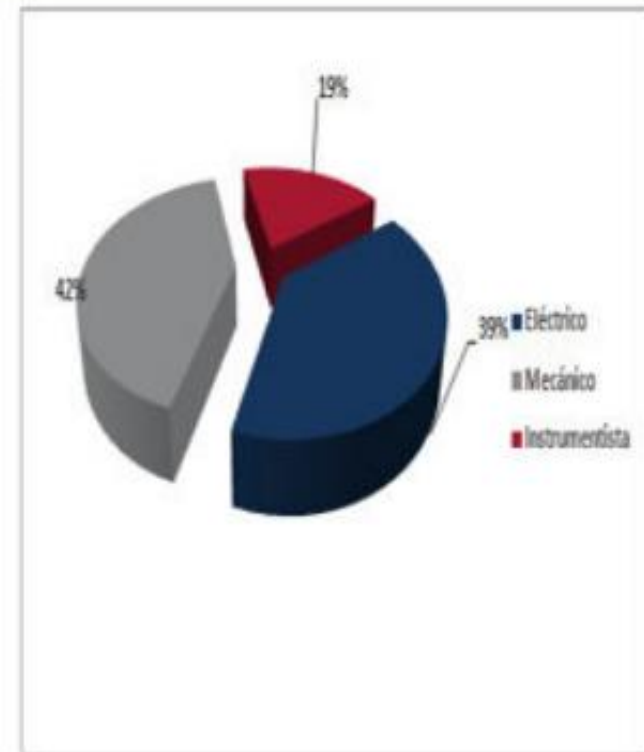


Horas Hombre por Especialidad Año

Para la ejecución de la estrategia de mantenimiento formulada y distribuida como se ilustra en la gráfica, se requiere un total de:

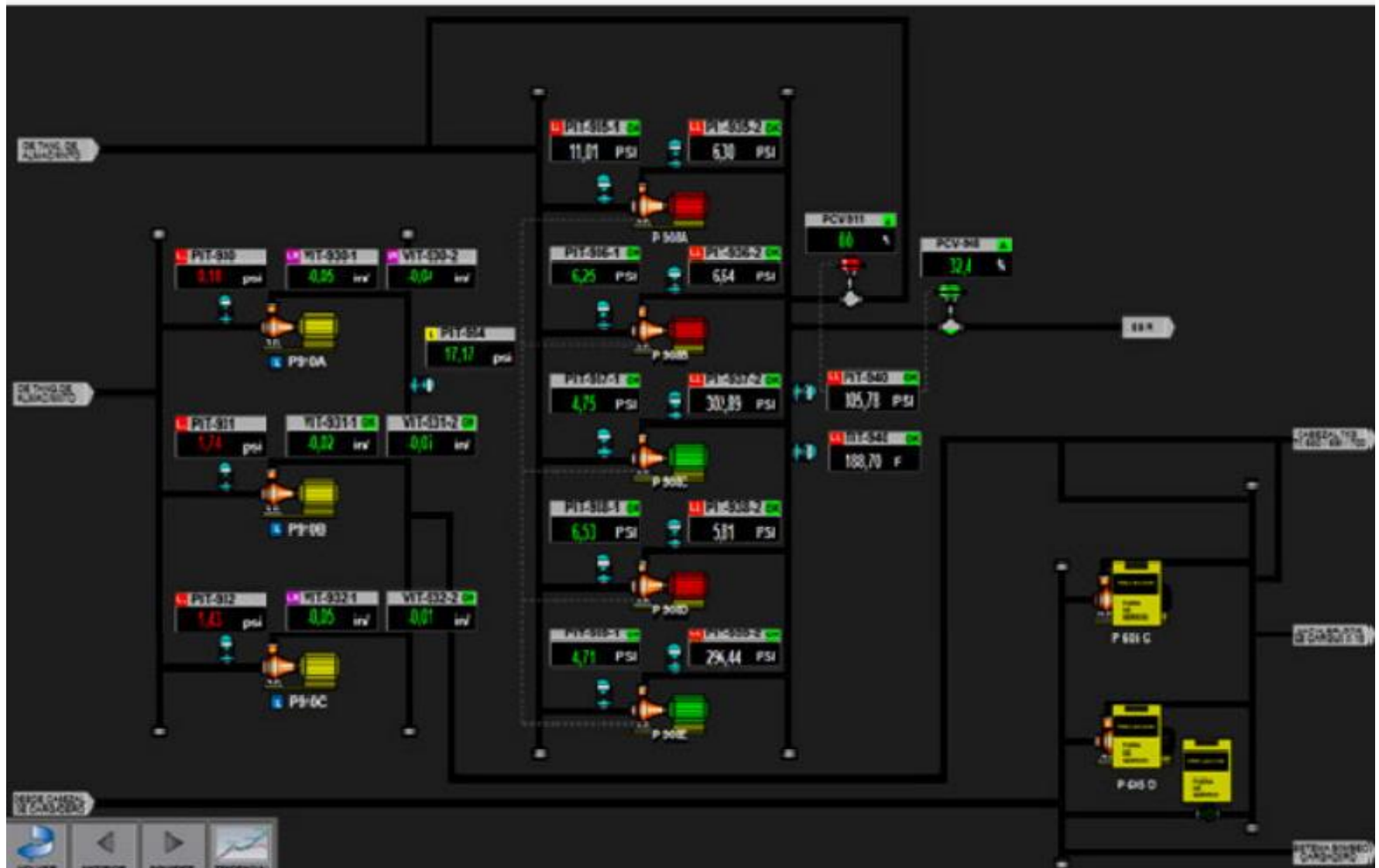
349,3 horas

H.H. MECÁNICA:	146,5
H.H. ELÉCTRICIDAD:	136,2
H.H. INSTRUMENTACIÓN:	66,6
TOTAL	349,3



El análisis del balance de horas hombre se realizó por tres disciplinas; sin embargo, las actividades programadas se pueden realizar por dos especialistas, por ejemplo: un electromecánico y un instrumentista.

Diagrama Esquemático del Proceso



Listado de Equipos Incluidos en el Plan de Mantenimiento

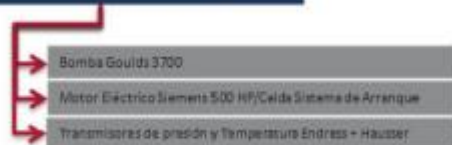
P-908A Moto - Bomba Transferencia de Crudo



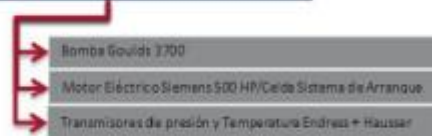
P-908B Moto - Bomba Transferencia de Crudo



P-908C Moto - Bomba Transferencia de Crudo



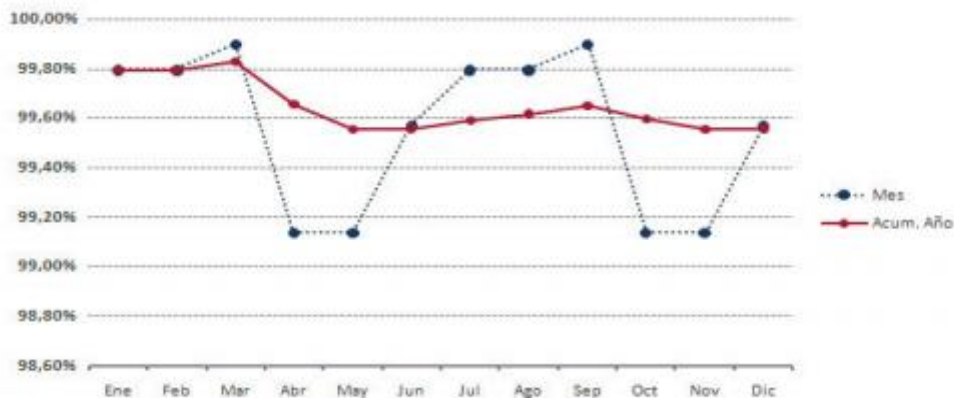
P-908F Moto - Bomba Transferencia de Crudo



P-908E Moto - Bomba Transferencia de Crudo



Disponibilidad máxima posible con la estrategia de mantenimiento



Para la estrategia de mantenimiento propuesta, se estima que para el sistema de transferencia de crudo de CPF1 al ODL, con TAG: P-908-A, B, C, D, E, la disponibilidad máxima posible en el año por intervenciones de mantenimiento preventivo es del:

99,83 %

De igual manera los meses críticos son aquellos en los cuales se realizan intervenciones "semestrales", momento en el cual las 3 especialidades: eléctrica, mecánica e instrumentación, deben intervenir los equipos.

0170	MECA	Verifique alineación eje bomba-motor	<p>*Verificar alineación Bomba - Motor. SI () NO () N/A ()</p> <p>*Revise alineación utilizando comparador de carátula o el easy laser procurando que el paralelismo (horizontal y vertical) de los ejes estén dentro del parámetro 0,002 inches (in), con una angularidad (horizontal y vertical) de 0,000°/in; con una velocidad mayor a 1500 rpm. SI () NO () N/A ()</p> <p>*Paralelismo Horizontal: _____ in.</p> <p>*Angularidad Horizontal: _____ °/in.</p> <p>*Paralelismo Vertical: _____ in.</p> <p>*Angularidad Vertical: _____ °/in.</p> <p>*Corregir alineación si se requiere. SI () NO () N/A ()</p> <p>*Verificar Run out en el eje. SI () NO () N/A ()</p> <p>*valores Run Out. _____</p> <p>Programar cambio de componentes si se requiere.</p>			1,00	X	X	X											
0180	MECA	Verificar eficiencia de la bomba	<p>• Compruebe la capacidad de la bomba. Caudal: _____ GPM.</p> <p>• Compruebe la presión de la bomba. Presión de descarga: _____ Psi.</p> <p>• Compruebe la potencia de la bomba. Potencia: _____ HP.</p> <p>Si el rendimiento de la bomba no cumple los requisitos del proceso, y si éstos no han cambiado, haga lo siguiente:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Desmonte la bomba. 2. Inspecciónela. 3. Reemplace las piezas desgastadas. <p>NOTA: Debe verificar el rendimiento de la bomba con los datos en la curva de eficiencia del equipo.</p>			1,00			X	X										
0190	MECA	Limpieza general de la bomba	<p>Realice la limpieza general de la bomba:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aplicación de agua con desengrasantes biodegradables. - Uso de estopa para el retiro de polvo, agua y/o secado. 	LIMPBOMBA		0,30	X	X	X											

0100	INS T	Estado de los instrumentos	<p>* Verificar estado del switch de nivel(Estado de los contactos: BUENO() REGULAR() MALO() Sulfatamiento: BUENO() REGULAR() MALO(), Elemento sensor en buen estado: BUENO() REGULAR() MALO()).</p> <p>* Verificar estado del switch presión(Estado de los contactos: BUENO() REGULAR() MALO(), sulfatamiento: BUENO() REGULAR() MALO(), Elemento sensor en buen estado: BUENO() REGULAR() MALO()).</p> <p>* Verificar estado de los indicadores de presión (Estado de la carátula: BUENO() REGULAR() MALO(), Aguja: BUENO() REGULAR() MALO(), Constancia del punto cero: BUENO() REGULAR() MALO(), Estado de la caja fenolica: BUENO() REGULAR() MALO()).</p> <p>* Verificar estado de transmisores de presión (Estado del Housing: BUENO() REGULAR() MALO(), Estado de la electrónica: BUENO() REGULAR() MALO(), Estado display: BUENO() REGULAR() MALO(), Estado interno del instrumento: BUENO() REGULAR() MALO()).</p> <p>* Verificar estado de RTD (Estado del housing: BUENO() REGULAR() MALO(), Estado del cableado: BUENO() REGULAR() MALO()).</p>		0,50															
------	----------	----------------------------	---	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

0110	INS T	Inspección componentes eléctricos	<p>* Verificar estado de las conduletas, corazas y conduits (verificar que no se encuentren partidas, rotas, que estén bien selladas.) BUENO() REGULAR() MALO()</p> <p>* Verificar estado del cableado (verificar que el cable esté en buenas condiciones, que el encauchetado esté bien, que no esté pelado, que no haya corto y que no se encuentre sulfatado). BUENO() REGULAR() MALO()</p> <p>* Verificar aterrizamientos visibles en instrumentos. BUENO() REGULAR() MALO()</p> <p>* Verificar presencia de humedad en caja de conexiones, tableros de control, PLC. BUENO() REGULAR() MALO()</p> <p>* Verificar estado de las conexiones (Tornillos ajustados, que no hayan cables sueltos, borneras portafusibles ajustados, empalmes aislados correctamente). BUENO() REGULAR() MALO()</p>		0,50															
0120	INS T	Inspección tableros de control	<p>* Realizar limpieza a los tableros de control y cajas de paso. SI() NO() N/A()</p> <p>* Verificar que el cableado este bien sujeto. SI() NO() N/A()</p> <p>* Verificar y ordenar el cableado en las canaletas. SI() NO() N/A()</p> <p>* Verificar presencia de humedad, secar los componentes y corregir el punto de entrada de la humedad. SI() NO() N/A()</p>		0,30															

0130	INS T	Verificación PIT'S	<p>* Realizar pruebas del lazo simulando la señal de corriente o el PV y validar información en el SCADA (SIM 4mA___; SIM 8mA___; SIM 12mA___; SIM 16mA___; SIM 20mA___) NOTA: Coordinar con el operador cada actividad. SI() NO() N/A()</p> <p>* Indique si se requiere realizar algunas de las siguientes acciones: Verificación() Calibración() Ajuste de rango o configuración() POR QUE?:_____</p> <p>* En que estado se encuentra el instrumento:</p> <hr/> <hr/> <hr/> <p>* Que parte del instrumento se encuentra en mal estado: Electrónica() Sensor() Housing()</p> <p>* Se requiere cambio del instrumento? SI() NO() N/A()</p> <p>POR QUE?:_____</p> <p>OBSERVACIONES:_____</p> <hr/> <hr/> <hr/>			1,00																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
0140	INS T	Verificación SW de nivel	<p>* Verificar el estado de los contactos: se encuentran sulfatados? SI() NO() N/A()</p> <p>* Realizar limpieza a los contactos. SI() NO() N/A()</p> <p>* Realizar limpieza al sensor. SI() NO() N/A()</p> <p>* Realizar prueba de sensado (comprobar que el sw esta detectando nivel realizando la prueba drenando el aceite de reservorio a un recipiente limpio y verificar que los contactos hagan el cambio de estado al sensar nivel y verificar que la señal llegue al SCADA). SI() NO() N/A()</p> <p>* Setpoint sw:_____</p> <p>Observaciones:_____</p> <hr/> <hr/> <hr/>			0,50																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					

Anexo B. Diagnóstico de eficiencia del mantenimiento

ANEXO B.
DIAGNÓSTICO DE EFICIENCIA DEL MANTENIMIENTO



EMPRESA	
FECHA	
HORA	
RESPONSABLE:	
ÁREA	

CALIFICACIÓN	
ALTO : (A) - Se Aplica - Se Registra - Se Mejora	MEDIO : (M) - Documento aprobado - Divulgado - Aplica parcialmente
BAJO : (B) - No se realiza - Se hace pero no esta documentado - Existe información incompleta	

Entrevistado:
Departamento de:
Cargo:
Nombre:
Cargo:
Firmas:

TEMA: 1.- Administración de Planeación y Programación de Mantenimiento.

Firma Asesor

PUNTOS DE ANÁLISIS	CALIF.			No.	CRITERIOS	OBSERVACIONES
	A	M	B			
Solicitudes de servicio Avisos de Mantenimiento SAP PM					Están clasificadas las ordenes de trabajo por componentes y puntos mantenibles del equipo?	
					Hay un buen control de recepción y aprobación de los avisos de mantenimiento?	
					Están organizados por tipos de mantenimiento?	
					Hay un registro histórico para validar repetición de trabajos?	
					Existe la clasificación de las órdenes de trabajo y la diferenciación en su trámite?	
					Hay soporte del sistema de mantenimiento a dicha clasificación?	
Planeación de actividades					Existe un nivel de clasificación por tipo de trabajo, especialidad de los trabajos y grado de dificultad de los mismos?	
					Se hace una secuenciación de trabajos de acuerdo a la prioridad de los mismos?	
					El sistema de mantenimiento cuenta con registro de las referencias de partes y repuestos para realizar un trabajo?	
					Están bien detallados los componentes de la orden en su ejecución?	

				Existe un sistema o conjunto de procedimientos para el pedido de materiales?	
3	Programación de los trabajos			Están establecidos los procedimientos para la programación de los trabajos en los equipos?	
				El personal cuenta con la experiencia requerida para hacer las programaciones de forma efectiva?	
				Se hace una buena explosión de recursos tanto en mano de obra como de repuestos?	
				Están bien detallados los componentes de la orden en su ejecución?	
				Existe un sistema o conjunto de procedimientos para el pedido de materiales?	
4	Calendarios y pronósticos			Hay estadísticas del porcentaje de aplicación de cada uno de los tipos de mantenimiento (Preventivo - Correctivo)?	
				Hay registro cronológico de las tendencias de dichos porcentajes?	
				Se llevan cronológicamente estadísticas de cumplimiento de trabajos?	
				Existen los calendarios de programación de los trabajos y se cumplen de acuerdo a lo establecido?	
				Se elabora un informe de entrega de los trabajos programados?	
5	Análisis de ejecución de los trabajos			Existen indicadores de gestión para medir el desempeño del mantenimiento?	
				Existe registro escrito de los indicadores y su definición?	
				El costo real vs el presupuestado de los trabajos está dentro de lo programado?	
				Existen indicadores de Eficiencia del trabajo de mantenimiento?	
				Se divulgan periódicamente el comportamiento de los indicadores de gestión del mantenimiento?	
				Se registran los trabajos importantes para usar la experiencia adquirida en futuros trabajos?	
6	Actualización y cierre de los ordenes de trabajo			Se actualizan los tiempos y actividades de los trabajos importantes?	
				Se actualizan los planos técnicos cuando se han realizado mejoras al equipo?	
				Queda un registro de tiempos para nuevas programaciones?	

CORTESÍA CARLOS ARCINIEGAS Copyright © SEIRI S.A.S.
SEMINARIO EXCELENCIA OPERACIONAL BAJO LA FILOSOFÍA TPM
Especialización en Gerencia de Mantenimiento.

DIAGNÓSTICO DE EFICIENCIA DEL MANTENIMIENTO



CALIFICACIÓN

EMPRESA	
FECHA:	
HORA:	
RESPONSIBLE:	
AREA	

ALTO : (A) - Se Aplica - Se Registra - Se Mejora	MEDIO : (M) - Documento aprobado - Divulgado - Aplica parcialmente
BAJO : (B) - No se realiza - Se hace pero no esta documentado - Existe información incompleta	

Entrevistado:	
Cargo:	
Nombre:	
Cargo:	
Firmas:	

TEMA: 2.- <i>Administración de Sistemas de Información de Mantenimiento.</i>	Firma Asesor:
--	---------------

	PUNTOS DE ANALISIS	CALIF.			No.	CRITERIOS	OBSERVACIONES
		A	M	B			
1	Estándares Administrativos					Los objetivos y funciones están definidas?	
						Existe registro por escrito de dichos objetivos y funciones?	
						El personal es conocedor de los objetivos y funciones del departamento?	
						Existe registro actualizado de la estructura del mantenimiento?	
						Todo el personal la conoce?	
						Son claros los objetivos gerenciales del mantenimiento?	
						Hay un sistema estructurado de información (Software)?	
2	Estándares de Tecnología aplicada al mantenimiento					Hay registros normalizados de Eficiencia de equipos, política de inventario de repuestos, habilidades requeridas por el personal, estructura del departamento, política de presupuesto, planos y catálogos de los equipos?	
						Existe un archivo completo de información técnica de los procesos propios de la Compañía? Se lleva un registro de planos de las piezas fabricadas con su ajustes y tolerancias requeridos?	

						Hay buen soporte tecnológico de información sobre las características propias de los equipos acorde al tipo de industria?	
3	Estándares sobre Inspección y prevención de equipos					Existen y se llevan a cabo inspecciones diarias de equipo?	
						Hay establecidas normas de inspección periódicas para actividades eléctricas, mecánicas, de tuberías, de instrumentación y de servicios generales?	
						Hay normas para un control de auditoría sobre la buena ejecución de estas labores de inspección?	
4	Estándares sobre detección del deterioro					Existen procedimientos y normas claras sobre la ejecución de los trabajos en lo referente a la prevención, limpieza, ajustes, contemplados en el programa de mantenimiento preventivo realizado conjuntamente con los operadores del equipo?	
						Se aplican los métodos establecidos?	
						Se consultan los manuales con las necesidades requeridas para realizar los trabajos?	
5	Estándares sobre restauración del deterioro de los equipos					Existen procedimientos y normas claras sobre la ejecución de los trabajos en lo referente al método y forma de realizar la lubricación, reparaciones, montaje y desmontaje de partes y repuestos?	
						Se aplican los métodos establecidos?	
						Se consultan los manuales?	
						Se auditan y se da el soporte necesario para el buen cumplimiento de los estándares de trabajos de mantenimiento?	
6	Normas y procedimientos de mantenimiento					Existen normas sobre indicadores para medir la Gestión del mantenimiento?	
						Dichos indicadores están vinculados con los objetivos planteados?	
						Se lleva registro cronológico de los indicadores?	
						Se analizan periódicamente tendencias y cumplimiento de metas?	
						Hay un sistema establecido de comunicación de resultados?	
						Son conocidos los indicadores internacionales de referencia del Mantenimiento en el mismo tipo de industria?	
						Existe registro de dichos indicadores?	
						Están actualizados?	
					La información anterior es utilizada para la elaboración de presupuestos?		

CORTESÍA CARLOS ARCINIEGAS Copyright © SEIRI S.A.S.
SEMINARIO EXCELENCIA OPERACIONAL BAJO LA FILOSOFÍA TPM
Especialización en Gerencia de Mantenimiento.

DIAGNOSTICO DE EFICIENCIA DEL MANTENIMIENTO

PASOS 1 AL 5

Fecha:	Jefe de Sección:	Departamento	Nombre del Equipo de Mejoramiento	Realizado por:

CALIFICACIONES		RESULTADO DEL DIAGNOSTICO		
Alto	3	00/00/00	00/00/00	00/00/00
Medio	2	%	0%	0%
Bajo	1			

Pasos	No.	PUNTOS DE ANÁLISIS	PONDERACION	CALIFICACIÓN 1, 2 Y 3			OBSERVACIONES
				Fecha :	Fecha :	Fecha :	
				00/00/00	00/00/00	00/00/00	
PASO 1: Evolución del estado del equipo y comprender la situación actual (Apoyo a autónomo - Diagnóstico)	1	Preparar ó actualizar los registros de los equipos	20%				
	2	Evaluar los equipos: establecer criterios de evaluación, priorizar los equipos y seleccionar equipos y componentes para PM	20%				

	3	Definir Tendencias a las fallas	20%			
	4	Comprender la situación: medir el número, frecuencia severidad de las fallas y pequeñas paradas: MTBF; costos de mantenimiento; tasas de mantenimiento por fallas, etc.	20%			
	5	Establecer objetivos de mantenimiento (Indicadores, métodos de medir resultados)	20%			
TOTAL PASO 1			100%	%	%	%
Paso 2: Actividades de restauración del deterioro y corrección de puntos débiles (Metodología para cero fallas)	1	Establecer condiciones básicas, revertir el deterioro y eliminar las causas que ocasionan deterioro acelerado (Apoyar la autonomía operativa)	25%			
	2	Poner en práctica actividades de mejora orientada para corregir debilidades y alargar los ciclos de vida del equipo y sus partes	25%			
	3	Poner en práctica medidas para reducir la ocurrencia de fallas idénticas ó similares	25%			
	4	Introducir mejoras para reducir las fallas del proceso.	25%			
TOTAL PASO 2			100%	%	%	%
un sistema de gestión de	1	Crear un sistema de manejo para gestión de	25%			

		datos de fallas.				
	2	Crear un sistema de gestión del mantenimiento de los equipos (Control de historiales de maquinaria, planificación y programación del mantenimiento, planeación de inspecciones, etc)	25%			
	3	Crear un sistema de gestión de presupuesto de mantenimiento base cero para todos los equipos.	25%			
	4	Crear un sistema para controlar piezas de repuesto, planotecas, información técnica, catálogos, etc	25%			
	TOTAL PASO 3		100%	%	%	%
Paso 4: Actividades para crear un sistema de mantenimiento periódico (Prevención)	1	Preparación documental y práctica del mantenimiento periódico (Control de piezas de reserva, inventario racional de repuestos, instrumentos de medición y su metrología, lubricantes, planos, datos técnicos de soporte, etc).	20%			
	2	Preparar diagrama de flujo para la ejecución del sistema de mantenimiento periódico	20%			
	3	Seleccionar equipos, componentes, subcomponentes y puntos mantenibles a controlar en el tiempo y formular su plan de mantenimiento	20%			

	4	Preparar, actualizar y divulgar estándares (estándares de materiales, de ejecución de los trabajos, de rutas de inspección, de aceptación y entrega de los trabajos, etc)	20%				
	5	Mejorar la Eficiencia del mantenimiento con una estructura de paros programados y reforzar el control de los trabajos subcontratados.	20%				
		TOTAL PASO 4	100%	%	%	%	
Paso 5: Actividades para crear un sistema de mantenimiento predictivo (Mantenimiento por condiciones)	1	Introducir técnicas de diagnóstico de equipos (Formar expertos en diagnóstico de equipos, comprar y actualizar equipos de diagnóstico, etc)	25%				
	2	Preparar diagrama de flujo del sistema de ejecución y control del mantenimiento predictivo	25%				
	3	Seleccionar equipos y sus componentes críticos para el mantenimiento predictivo y ampliar gradualmente a otros equipos.	25%				
	4	Desarrollar equipos y tecnologías propias de diagnóstico de acuerdo al proceso aplicado	25%				
			TOTAL PASO 5	100%	%	%	%

Anexo C. Sellos mecánicos instalados en bombas centrífugas utilizadas en la industria.

El mantenimiento de sellos mecánicos involucra una serie de procedimientos e instructivos planteados por los proveedores y personal técnico con alto conocimiento, práctica y criterio.

Identificar las diversas fallas en los planes de sellado, sellos mecánicos y los efectos sobre el funcionamiento de la bomba permite establecer procedimientos, instructivos y especificaciones de mejora entre tiempos de fallas, confiabilidad y disponibilidad.

- Hacer un análisis de las fallas de los sellos mecánicos.
- Hacer un mantenimiento proactivo de los sistemas de circulación planes API.
- Hacer una correcta reparación del sello mecánico y recuperación de las caras de contacto del anillo primario y el asiento.

Rutinas de Inspección / verificación al montaje de sellos.

1. Perpendicularidad de la cámara de sellado respecto al eje.

La perpendicularidad permisible entre las caras de la caja de sellado respecto al eje debe ser máximo de 0.002 pulgadas indicadas en el reloj comparador de caratula T.I.R.

Las desalineación, magnitudes fuera de escuadra, son transmitidas por el asiento al anillo primario y al elemento de sellado provocando un desgaste excesivo en la

camisa o el eje. Las partes flexibles del sello realizan los movimientos que las partes rígidas requieren que hagan. (18)²¹

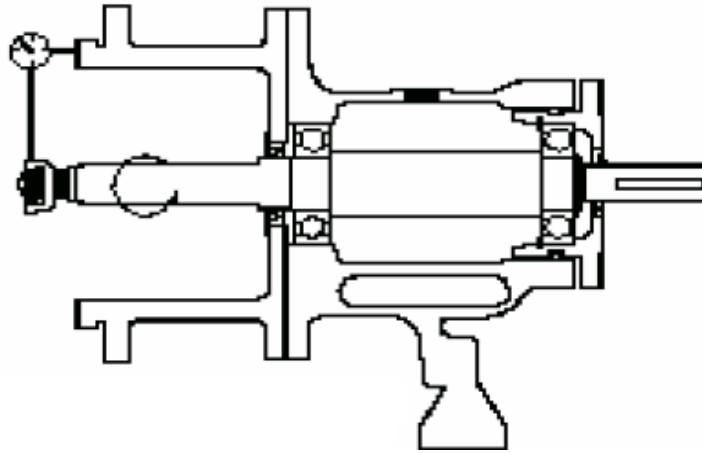


Figura 4.8 Perpendicularidad de la cámara de sellado respecto al eje.(7)

2. Movimiento radial del eje (deflexión).

El movimiento radial del eje no deberá exceder 0.003 pulgadas T.I.R.

Un eje con deflexión produce el mismo efecto en el sello mecánico que un eje no perpendicular a las caras de sellado. (18)

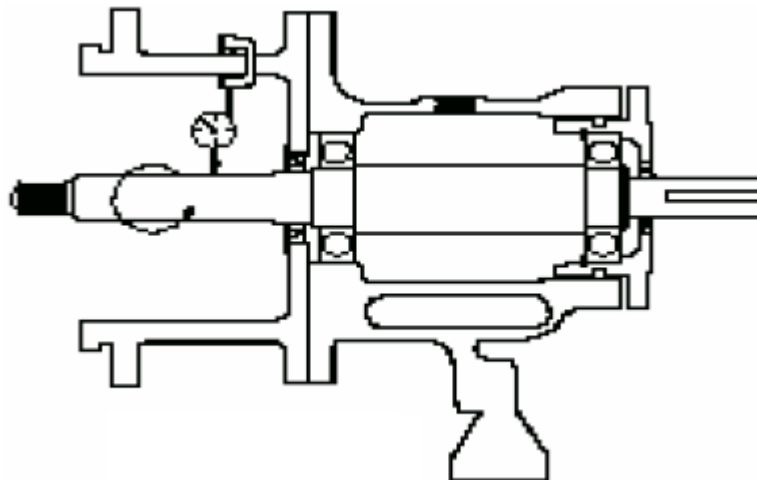


Figura 4.9 Movimiento radial del eje por deflexión.(7)

²¹ 18.

3. Movimiento axial del eje.

El límite máximo admisible de movimiento en el eje es 0.005 pulgadas, para movimiento axial de eje que superan el límite recomiendan usar sellos que tenga un elemento sellante secundario tipo fuelle. (18)

El movimiento axial causar desgaste en la camisa o eje, en el punto donde el elemento sellantes secundario hace contacto

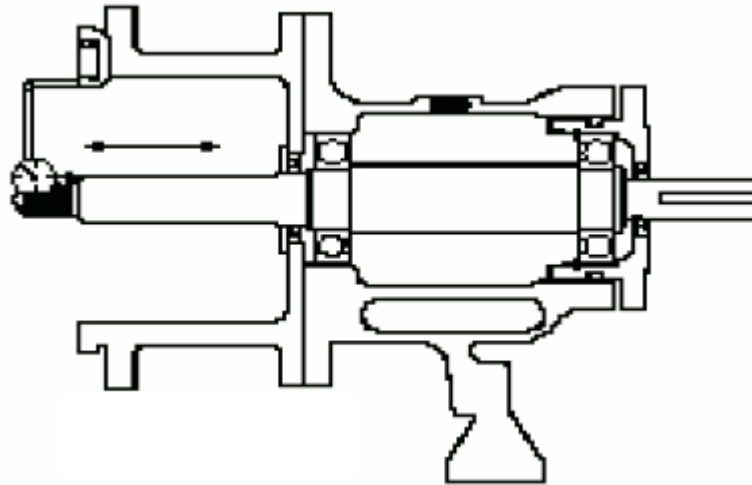


Figura 4.10 Movimiento axial del eje. (7)

4. Concentricidad de la cámara de sellado al eje.

La concentricidad diametral de la cámara del sello respecto al eje debe ser máximo 0.002 pulgadas T.I.R.

Una desviación en la concentricidad proporciona fricción entre las partes rotativas y estacionarias del sello mecánico, se pierde las holguras entre los elementos. (18)

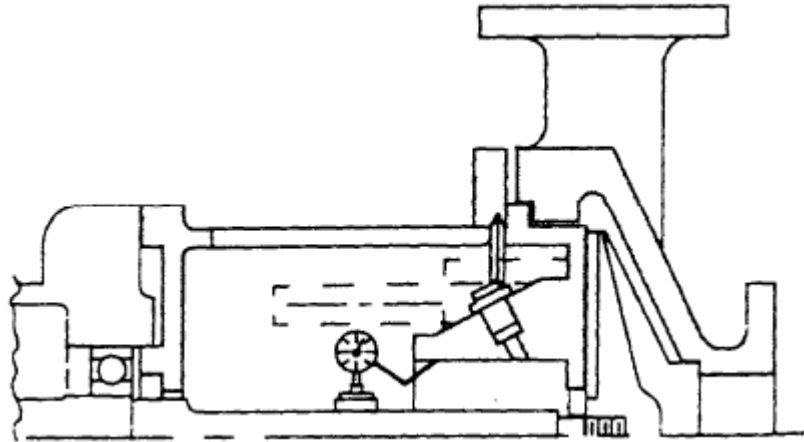


Figura 4.11 Concentricidad de la cámara de sellado respecto al eje. (18)

5. Holgura entre el asiento y el eje.

La holgura entre el asiento y el eje debe ser mínimo 0.015 pulgadas por lado (0.030 pulgadas en el diámetro) para evitar fricción entre el eje y el asiento. (18)

Referencias, planos e instructivos necesarios.

Los planos de instalación de sellos mecánicos deben ser revisados y analizados antes de hacer el montaje; proveen la longitud de referencia para la correcta instalación del sello.

La referencia de instalación es la dimensión desde la cara frontal de la cámara de sellado hasta la parte posterior del ensamble de sello mecánico.

La referencia de instalación varía en los tamaños de los sellos, asientos, tamaños de los resortes y bridas. Usando la referencia de instalación se eliminan errores en el cálculo de la longitud de operación (altura de trabajo) o en la cantidad de compresión de los resortes del cabezal de sello mecánico.

La longitud de operación, longitud de trabajo o altura de trabajo es la longitud del cabezal del ensamble del sello desde la cara lapeada del anillo primario hasta la superficie posterior del ensamble comprimido correctamente.

La longitud libre es la longitud del sello sin comprimir desde la cara lapeada del anillo primario hasta la superficie posterior del ensamble de sello.

La compresión es la diferencia entre la longitud libre y la longitud de trabajo. (18)

5.2.1.2.1.1 Falla del sello mecánico por ataque químico

El ataque químico se evidencia debido a la incompatibilidad de los materiales del sello mecánico con el líquido bombeado. Se presenta con ablandamiento o desintegración del carbón-grafito.(14)

El ataque químico se da en los elementos de sellado secundario, provocando excesivo cambio de volumen (hinchamiento), degradación química con endurecimiento de la superficie o produciendo burbujas o ampollas en el elastómero.

Ataque químico en las partes metálicas provocando corrosión de los resortes, y corrosión en los mecanismos de arrastre.

5.2.1.2.1.2 Falla del sello mecánico por daño mecánico.

El daño mecánico en las caras de sellado primario, se presenta con altos desgastes debido a un ensamble incorrecto, con altos desgastes por lapresencia de contaminantes o sólidos en el fluido, con fracturas, ralladuras o astillamientos por el mal manejo de los componentes del sello mecánico durante la instalación del mismo. Las fallas del sello mecánico se pueden presentar por desalineamientos de la bomba centrífuga.

El daño mecánico en los elementos de sellado secundario se presenta en forma de cortaduras del elastómeros, con desgastes, extrusión o aplastamientos producidos por esfuerzo excesivos sobre los elastómeros.

El daño mecánico en las partes metálicas se presenta en forma de desgaste de dos superficies que generalmente deben estar fijas entre si, el desgaste se produce a causa de un movimiento generado por una desalineación de la bomba centrífuga, por fatiga o doblado de los materiales debido a la alta presión que supera la de diseño del sello, y por erosión de las partes metálicas debido a la presencia de partículas abrasivas en el fluido. (18)