



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
VICERRECTORADO ACADÉMICO
DIRECCIÓN GENERAL DE LOS ESTUDIOS DE POSTGRADO
ÁREA DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS Y DE GESTIÓN
POSTGRADO EN GERENCIA DE PROYECTOS

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN DEL GRADO DE DEFINICIÓN DEL ALCANCE
DE PROYECTOS DE MANTENIMIENTO DE COMPRESORES RECIPROCANTES**

Presentado por
Carrera Soler, Henry
para optar al título de
Especialista en Gerencia de Proyectos

Asesor
Gasparin Togñon, Henry

Caracas, Febrero de 2010

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
VICERRECTORADO ACADÉMICO
DIRECCIÓN GENERAL DE LOS ESTUDIOS DE POSTGRADO
ÁREA DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS Y DE GESTIÓN
POSTGRADO EN GERENCIA DE PROYECTOS

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN DEL GRADO DE DEFINICIÓN DEL ALCANCE
DE PROYECTOS DE MANTENIMIENTO DE COMPRESORES RECIPROCANTES**

Presentado por
Carrera Soler, Henry
para optar al título de
Especialista en Gerencia de Proyectos

Asesor
Gasparin Togñon, Henry

Caracas, Febrero de 2010

ACEPTACIÓN DEL ASESOR

Por la presente hago constar que he leído el Trabajo Especial de Grado, presentado por el ciudadano Henry Carrera Soler, para optar al grado de Especialista en Gerencia de Proyectos, cuyo título es **PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN DEL GRADO DE DEFINICIÓN DEL ALCANCE DE PROYECTOS DE MANTENIMIENTO DE COMPRESORES RECIPROCANTES**; y manifiesto que cumple con los requisitos exigidos por la Dirección de los Estudios de Postgrado de la Universidad Católica Andrés Bello y que por lo tanto, lo considero apto para ser evaluado por el jurado que se decida designar a tal fin

En la ciudad de Caracas, a los 19 días del mes de Noviembre de 2009

Henry Gasparin Togñon
C.I. 5.534.063

Sres.

UNIVERSIDAD CATOLICA ANDRES BELLO

Postgrado de Gerencia de Proyectos

Caracas

Nos dirigimos a ustedes para informarles que hemos autorizado al Ingeniero, Henry Carrera Soler, C.I. 14.954.899, quien labora en esta organización, el uso de la información proveniente de esta institución, para documentar y soportar los elementos de los distintos análisis estrictamente académicos que conllevaron a la realización del Trabajo Especial de Grado **PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN DEL GRADO DE DEFINICIÓN DEL ALCANCE DE PROYECTOS DE MANTENIMIENTO DE COMPRESORES RECIPROCANTES**, como requisito para optar al título de Especialista en Gerencia de Proyectos, exigidos por la Dirección de los Estudios de Postgrado de la Universidad Católica Andrés Bello.

Sin mas a que hacer referencia, atentamente

Josip Unic

Gerente Técnico

Hoerbiger de Venezuela, S.A.

Este trabajo es para mis padres y mi linda esposa

AGRADECIMIENTOS

A Dios y a La Virgen

A mi familia por siempre apoyarme y acompañarme en cada momento

A mi esposa Belkis que siempre estamos juntos aprendiendo y creciendo

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CONTENIDO	i
ÍNDICE DE TABLAS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	v
RESUMEN.....	vi
Capítulo I. EL PROBLEMA	1
Planteamiento del Problema.....	1
Objetivo General.....	8
Objetivos Específicos	8
Justificación de la investigación.....	9
Alcance de la investigación	9
Capítulo II. MARCO TEÓRICO.....	10
Consideraciones Generales	10
Bases Teóricas	11
Índice de Grado de Definición de Proyectos (PDRI)	11
Antecedentes de la investigación	11
Tipos de PDRI	11
PDRI - Proyectos Industriales.....	12
Secciones PDRI - Proyectos Industriales	12
Sección I. Bases de la Decisión del Proyecto.....	12
Sección II. Definición Front End.....	13
Sección III. Estrategias de ejecución	15
Puntuación PDRI - Proyectos Industriales.....	16
PDRI para Edificios.....	16
Secciones PDRI para Edificios	17
Sección I. Bases de decisión	17
Sección II. Bases del diseño.....	18
Sección III. Plan de Ejecución	19
Puntuación PDRI para Edificios.....	20
EM-PDRI.....	21
Puntuación EM-PDRI.....	21
Beneficios del PDRI	21

El Compresor Reciprocante.....	23
Componentes de un Compresor Reciprocante.....	24
Problemas en Compresores Reciprocantes	27
Mantenimiento a Compresores Reciprocantes.....	29
Capítulo III. MARCO METODOLÓGICO	32
Tipo de Investigación.....	32
Unidad de Análisis	32
Variables; definición conceptual y operacional.....	33
Cronograma de actividades	36
Consideraciones Éticas	37
Capítulo IV. MARCO ORGANIZACIONAL	38
Historia de la organización.	38
Misión	39
Visión	39
Valores.....	40
Departamento de Proyectos Especiales.....	40
Capítulo V. ANÁLISIS DE RESULTADOS	41
Objetivo 1. Describir las metodologías del Project Definition Rating Index (PDRI)	41
Objetivo 2. Determinar los pasos requeridos para el mantenimiento a compresores reciprocantes.	42
Capítulo VI. DISEÑO CONCEPTUAL DE LA HERRAMIENTA	46
Justificación de la herramienta	46
Objetivo de la herramienta.....	46
Desarrollo de la herramienta	46
Estructura de la herramienta. Secciones, categorías y elementos.....	47
Sección I. Bases del Proyecto	47
Sección II. Base Técnica	48
Sección III. Requerimientos e Insumos	49
Jerarquización de las secciones, categorías y elementos.....	67
Manejo de la herramienta	67
Escala de definición de los elementos.....	68
Resultados obtenidos	69
Capítulo VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	71

Conclusiones	71
Recomendaciones	72
BIBLIOGRAFÍA.....	73
ANEXOS.....	75

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Reservas Mundiales Probadas de Gas Natural. (Billones de m ³)	2
Tabla 2. Reservas Probadas de Gas Natural por Regiones, 2007 (MMPCN).....	3
Tabla 3. Puntuación de PDRI Proyectos Industriales.....	16
Tabla 4. Puntuación de PDRI para edificios	20
Tabla 5. Puntuación de EM-PDRI, proyectos convencionales	21
Tabla 6. Causas probables de Problemas en Compresores Reciprocantes	28
Tabla 7. Operacionalización de Objetivos	33
Tabla 8. Dimensiones y Holguras recomendadas por fabricantes (pulgadas)	43
Tabla 9. Descripción de los elementos de la herramienta.....	51
Tabla 10. Descripción de los elementos de la herramienta.....	58
Tabla 11. Ponderación de las secciones de la herramienta	67
Tabla 12. Escala para la valoración de los elementos	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Clasificación de los Compresores.	4
Figura 2. Compresor Reciprocante.....	23
Figura 3. Cigüeñal de Compresor Reciprocante	24
Figura 4. Biela de Compresor Reciprocante.....	24
Figura 5. Pistón de Compresor Reciprocante.....	25
Figura 6. Anillos de Pistón	25
Figura 7. Barra o Eje de Pistón.....	25
Figura 8. Elementos de Sello.....	26
Figura 9. Válvulas Compresoras (Succión, Descarga).....	26
Figura 10. Estructura de Hoerbiger de Venezuela, S.A.....	38



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
VICERRECTORADO ACADÉMICO
DIRECCIÓN GENERAL DE LOS ESTUDIOS DE POSTGRADO
ÁREA DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS Y DE GESTIÓN
POSTGRADO EN GERENCIA DE PROYECTOS

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN DEL GRADO DE DEFINICIÓN DEL ALCANCE DE PROYECTOS DE MANTENIMIENTO DE COMPRESORES RECIPROCANTES

Autor: Henry Carrera Soler
Asesor: Henry Gasparin Togñon
Año: 2010

RESUMEN

El propósito de esta investigación es desarrollar una adaptación del Project Definition Rating Index (PDRI) para proyectos de mantenimiento de compresores recíprocos pertenecientes a la industria petrolera. La investigación es de tipo aplicada, bajo la modalidad de proyecto factible, se fundamenta en la metodología desarrollada por el Project Management Institute (PMI) en el área de Definición del Alcance en Proyectos y los procedimientos utilizados por empresas especializadas en el área de mantenimiento de compresores recíprocos.

En la investigación se describen las metodologías del PDRI desarrolladas por el Construction Industry Institute (CII) y el Departamento de Energía de los Estados Unidos (DOE). Adicionalmente se describen los pasos básicos para ejecutar el mantenimiento de compresores recíprocos.

Se aplicó la metodología a un proyecto de mantenimiento de compresores recíprocos, obteniendo un puntaje de 305 / 1000 puntos, lo que indica que el equipo de proyecto deberá realizar evaluaciones de algunos elementos del proyecto.

Mediante la investigación se definirá un procedimiento que permita planificar, controlar y ejecutar, de una manera eficiente, los proyectos de mantenimiento a compresores recíprocos.

Palabras claves: Project Definition Rating Index, proyecto, definición del alcance, compresores recíprocos.

Capítulo I.

EL PROBLEMA

Planteamiento del Problema

Hoy en día el gas natural se ha convertido en una de las principales fuentes de energía en el mundo, siendo una de las de menor efecto contaminante en relación a otras utilizadas actualmente, y es que el gas se trata de un recurso de gran importancia para el sector industrial como materia prima, así como de múltiples usos en los hogares y comercios.

Comúnmente se observa en los hogares la utilización del gas para el proceso de cocción de alimentos, el servicio de agua caliente, aires acondicionados y calefacción. En los vehículos es utilizado como combustible, reemplazando la gasolina a un menor costo y teniendo una menor incidencia en la contaminación ambiental. Por otra parte, en la industria el gas natural es utilizado en procesos como la fundición de metales, tratamientos térmicos, producción petroquímica, entre otros. Si a sus múltiples usos se suma la existencia de abundantes yacimientos y su bajo costo, se observa la importancia que tiene este hidrocarburo en los seres humanos, la cual ha venido aumentando significativamente y cuenta con un mercado en expansión debido al incremento de la demanda mundial.

El avance tecnológico para la identificación de nuevos yacimientos y el mejoramiento de las técnicas de extracción del gas natural, ha permitido que el nivel de las reservas mundiales de gas aumente considerablemente durante los últimos años. Según el reporte anual de la Asociación Española del Gas (Sedigas) para el año 2008 las reservas probadas de gas natural en el mundo se encontraban alrededor de los 181 billones de m³, siendo el Oriente Medio y la Comunidad de Estados Independientes las regiones con mayores reservas de gas natural probadas en el mundo (Tabla 1).

Tabla 1. *Reservas Mundiales Probadas de Gas Natural. (Billones de m³)*

Región	1990	1995	2000	2005	2007	2008
América del Norte	7,5	6,5	6,5	7,1	7,6	7,8
América Central y Sur	6,9	7,8	7,7	7,4	8,0	8,7
Europa Occidental	5,5	6,2	7,7	6,1	5,6	5,3
Europa Oriental y CEI	52,5	58,9	56,5	57,5	57,9	57,9
África	8,5	9,9	11,4	14,1	14,5	14,6
Oriente Medio	37,8	44,7	54,8	72,5	73,0	72,5
Asia-Oceanía	10,6	13,1	12,2	13,8	15,1	15,0
Total	129,3	147,1	156,8	178,5	181,8	181,9

Fuente: Sedigas (2007)

La distribución de reservas de gas a nivel mundial demuestra que la Federación Rusa cuenta con las mayores reservas conocidas del mundo, evaluadas en 47.800 billones de m³ de gas, el 26,3% del total mundial, Irán está en segundo lugar, con el 14,5% de las reservas, seguido este país de Qatar (14%), Arabia Saudita (4,1%), Abu Dhabi (3,1%), Venezuela (3%) y Nigeria, con 5.275 billones de m³ de gas natural, equivalentes al 2,9% de las reservas mundiales. Contando sólo con los yacimientos conocidos, las actuales reservas aseguran una disponibilidad de gas natural en el mundo de unos 62 años. (Sedigas, 2007)

Según el Ente Nacional del Gas¹ (Enagas) para el año 2007 Venezuela contaba con una de las mayores reservas probadas de gas natural en el mundo, ubicándose en como octavo país con mayores reservas probadas de gas natural y el primero en América Latina. El 68% de esas reservas probadas se encuentran en la zona oriental del país, 20% en la zona occidental, 12% en la Faja y 0,2% en la zona sur del país (Tabla 2). El 85% de estas reservas probadas de gas natural corresponden a gas asociado al petróleo y 15% de gas no asociado.

¹ Organismo encargado de coordinar las actividades del sector gas en Venezuela.

Tabla 2. *Reservas Probadas de Gas Natural por Regiones, 2007 (MMPCN).*

Zona	Reservas probadas (BPC)
Oriente	115.393.579
Occidente	34.647.093
Sur	343.754
Faja	20.482.902
Venezuela	170.867.328

Fuente: Enagas (2007)

En Venezuela, el proceso de extracción de gas está altamente relacionado con la industria petrolera debido a que, generalmente, el petróleo extraído viene acompañado de gas natural entre otros componentes. En Venezuela, el proceso de extracción de petróleo y gas natural es manejado a través de Petróleos de Venezuela, S.A. (PDVSA), “corporación estatal de la República Bolivariana de Venezuela que se encarga de la exploración, producción, manufactura, transporte y mercadeo de los hidrocarburos” (PDVSA, 2009). PDVSA cuenta entre unas de sus filiales con PDVSA Gas, la cual “se dedica a la exploración y explotación de gas no asociado, así como a la extracción y fraccionamiento de Líquidos del Gas Natural (LGN), al transporte, distribución y comercialización del Metano” (PDVSA, 2009).

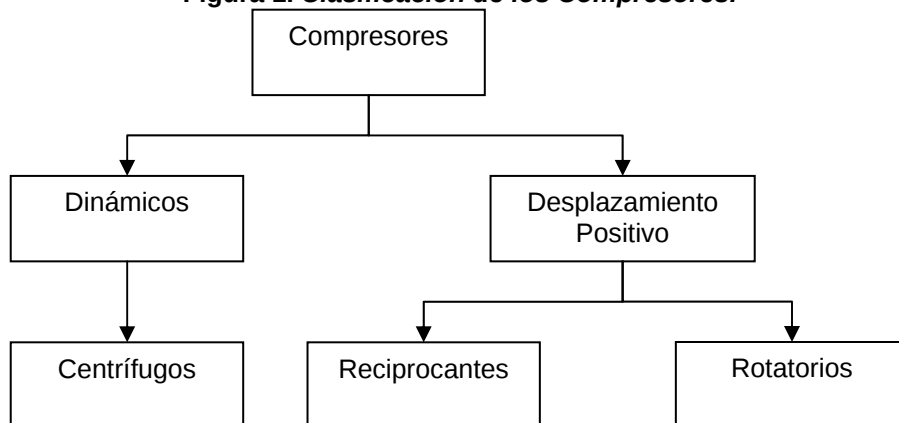
Este proceso de exploración y explotación de gas natural se inicia con perforaciones en zonas con particulares características geológicas y/o de relieve que dan indicios de presencia de gas o petróleo.

Una vez detectado el yacimiento se procede con el análisis de este a fin de determinar la cantidad y la calidad del gas contenido, obteniéndose de esa manera una estimación de la duración del yacimiento con base en el nivel de gas natural contenido y el consumo estimado. Posteriormente, se procede a extraer hasta la superficie la mezcla de hidrocarburos para iniciar el proceso de separación del gas, petróleo y agua. Al finalizar el proceso de separación, el gas natural es trasladado hasta las plantas compresoras mediante líneas de recolección o gaseoductos. “Las plantas compresoras pueden recibir corrientes simultáneas de gas a diferentes presiones, las cuales entran a un separador para ser depuradas y pasar enseguida a los respectivos cabezales de

succión donde son distribuidas a las distintas unidades compresoras para comprimir el gas. Una vez finalizado el proceso de compresión, el gas puede ser aprovechado en el mismo campo para continuar con la extracción del crudo o ser tratado para ser enviado a los centros de consumo” (Velásquez, 2002, p. 42).

Estas plantas generalmente están constituidas por una o más unidades compresoras, donde las más utilizada en la industria petrolera son los compresores de desplazamiento positivo (Figura 1). Estos equipos se dividen en rotatorios y reciprocantes, cuya característica primordial es que son de capacidad constante a presiones de descarga variable.

Figura 1. Clasificación de los Compresores.



Fuente: Hoerbiger de Venezuela, S.A. (2004).

En PDVSA, la mayoría de los compresores utilizados para elevar gradualmente la presión del gas son del tipo reciprocante, los cuales, generalmente, poseen más de una etapa de compresión o cilindros compresores. Estos compresores de etapas múltiples vienen equipados con intercambiadores de calor entre las etapas para remover el calor producido por la compresión del gas y devolverlo aproximadamente a la misma temperatura que había en la succión del compresor. Este enfriamiento reduce el volumen de gas que va a los cilindros de alta presión, reduce la potencia necesaria para la compresión y mantiene la temperatura dentro de un rango seguro de operación.

Cada cilindro de compresión está conformado por: el pistón, cilindro, cabezales, aros de pistón y las válvulas de succión y descarga. Los cilindros pueden ser de acción simple,

cuando comprimen solamente en una dirección o de doble acción cuando comprimen en ambos sentidos (Hoerbiger de Venezuela, S.A., 2004, p. 45). Muchos de estos elementos poseen partes móviles sujetas a desgaste, por lo que el mantenimiento de estos equipos es de vital importancia, ya que permite alargar la vida útil de los componentes y mantener una excelente disponibilidad de los equipos.

Por lo general, la frecuencia del mantenimiento es determinada de acuerdo a las recomendaciones del fabricante, la experiencia del personal de mantenimiento, el medio ambiente en el que se encuentra instalado el equipo, la política de mantenimiento de la empresa dueña del equipo y/o la exposición de trabajo impuesta por el operador. Algunos fabricantes de compresores sugieren planes de mantenimiento que pueden ir desde el mantenimiento diario al preventivo, de acuerdo a las planificaciones de funcionamiento del equipo.

En Venezuela, las empresas procesadoras de gas no cuentan con la capacidad para ejecutar los mantenimientos a estas plantas compresoras, por lo que continuamente se ven en la necesidad de contratar los servicios de empresas especializadas en el área de mantenimiento a compresores. Una de estas empresas es Hoerbiger de Venezuela, S.A., la cual presta servicio a la industria petrolera, metalúrgica y eléctrica en el área de tecnología de compresión. Debido a la aparición de esta nueva fuente de negocio y con el objeto de ampliar su mercado en el país, Hoerbiger de Venezuela, S.A. ha creado un departamento dedicado exclusivamente para el desarrollo de proyectos de mantenimiento de compresores reciprocantes.

En las plantas compresoras de gas, los equipos están diseñados para trabajar durante largos períodos de operación, ocasionando el desgaste de muchas de sus partes, lo que conlleva a la rectificación o reemplazo de éstas. La complejidad de ofrecer un servicio de mantenimiento para compresores, radica en la variedad de marcas y modelos existentes, los cuales presentan diferencias en aspectos como la cantidad de cilindros, el número total de válvulas por cilindro, el tipo de gas utilizado en la planta, las condiciones operacionales del equipo, las partes a reemplazar y los nuevos repuestos a colocar.

Con el objetivo de ofrecer un servicio que se ajuste a las altas exigencias de operación y mantenimiento de estos equipos, la empresa se ve en la necesidad de desarrollar una

herramienta que le permita planificar, controlar y ejecutar de una manera más eficiente los proyectos de mantenimiento. Esta herramienta debe permitir al planificador del proyecto de mantenimiento definir claramente el alcance del mismo, tomando en cuenta variables como la marca y modelo del compresor, número de cilindros, cantidad de válvulas compresoras, tipo de gas a comprimir, tipo de motor utilizado para el arranque del compresor, RPM (revoluciones por minuto) del motor, listado de partes a reemplazar (repuestos), ubicación y accesibilidad del equipo. Adicionalmente, con la creación de esta herramienta la empresa buscará presentar ofertas de servicio de mantenimiento que se ajusten adecuadamente a las condiciones de los equipos tomando en cuenta las variables mencionadas anteriormente.

Existen una serie de herramientas que permiten detectar señales de variación en la línea base del proyecto a medida que se realiza la planificación del mismo. Una de esas herramientas corresponde al Índice de Grado de Definición de un Proyecto o PDRI por sus siglas en inglés (Project Definition Rating Index) el cual fue desarrollado por el Construction Industry Institute (CII) en 1996 con el fin de establecer el grado de definición del alcance de proyectos industriales. El CII, a través de investigaciones realizadas, encontró que las herramientas utilizadas para medir la definición del alcance del proyecto así como la alineación entre éste y los participantes, necesitaban ser mejoradas.

A partir de esta necesidad, el CII conformó un equipo de investigación destinado a desarrollar una herramienta efectiva, sencilla y fácil de usar para definir el alcance de los proyectos. Este equipo estuvo conformado por profesionales de la industria de la construcción, quienes definieron una lista de 70 elementos y el impacto que éstos tenían en el resultado del proyecto. Estos elementos fueron divididos en 3 secciones principales y 15 categorías. Cada elemento fue cuidadosamente descrito de manera que no existieran diferencias de interpretación entre los integrantes del equipo. El siguiente paso consistió en la valoración de cada uno de los elementos a fin de determinar su peso en el éxito del proyecto. La investigación dio como resultado la creación del PDRI, cuyo objetivo era el de orientar la medición del grado de definición del alcance en proyectos industriales (refinerías, plantas químicas, procesadoras de papel, etc.). De esta manera, el CII desarrolló una herramienta sencilla y efectiva como instrumento de gerencia de riesgo, ya que permite a los equipos de planificación medir e identificar los elementos de riesgo del

alcance, verificar los elementos de completación del proyecto y generar planes para mitigar el riesgo, aumentando las posibilidades de éxito (Canelón, 2005, p. 9)

Posteriormente, el CII desarrolló el PDRI para proyectos de la construcción de edificios. Para este caso, fueron definidos 64 elementos, divididos en 3 secciones y 11 categorías. Esta adaptación del PDRI es aplicable para edificaciones comerciales, institucionales y de la industria liviana.

Para el año de 1999 el Departamento de Energía de los Estados Unidos (DOE) realizó una inspección de su estructura y de sus procesos en referencia al manejo de sus proyectos, detectando la carencia de planeamiento inicial en los proyectos ejecutados por dicho departamento. Con base en estos resultados, el DOE decidió constituir un equipo de trabajo conformado por expertos profesionales en el área de gerencia de proyectos que tenían como objetivo el desarrollo de una herramienta similar a la desarrollada por el CII. De esta manera en el año 2000 fue presentado el Environmental Management-Project Definition Rating Index también conocido como EM-PDRI, el cual está conformado por 5 categorías: costo, alcance, tiempo, cronograma, planificación y control, y factores externos (Villalobos, 2002, p. 25).

Existen otras adaptaciones del PDRI para casos específicos desarrollados en Venezuela como la “Adaptación del PDRI para proyectos IPC en la industria petrolera” (Villalobos, 2002), donde se creó una adaptación del PDRI para proyectos IPC (Ingeniería, Procura y Construcción) que permitiera medir el grado de definición de este tipo de proyectos en cualquiera de sus etapas. Para lograr su objetivo, el autor realizó una investigación documental referente a los aspectos a considerar durante el desarrollo de un proyecto IPC petrolero en Venezuela. Seguidamente formuló encuestas a profesionales de las áreas de Ingeniería, Procura, Construcción, Gerencia de Proyectos y Planificación, para finalmente con la información recolectada, proceder con la validación de la metodología con un ejemplo práctico.

Otra adaptación del PDRI corresponde al trabajo realizado por Canelón (2005): “Herramienta de Medición del Grado de Definición y Planificación en Proyectos de Construcción de Salas Limpias Farmacéuticas”. Esta investigación fue orientada al

desarrollo de una herramienta para medir el grado de definición de proyectos de construcción de salas estériles. Al igual que en la investigación anterior, se inició con la consulta de material bibliográfico y encuestas a expertos en materia de construcciones estériles. Adicionalmente, fue realizada una revisión de las nueve áreas de conocimiento de la guía de Fundamentos de la Dirección de Proyectos (PMI, 2004), donde se seleccionaron los procesos más relevantes asociados a proyectos de salas limpias farmacéuticas, los cuales fueron cruzados con los elementos del PDRI para generar las secciones y elementos de la nueva herramienta. Finalmente fue fijada una puntuación para cada uno de los elementos de las secciones que componen la herramienta.

La adaptación del PDRI para proyectos de mantenimiento a compresores reciprocantes mayor a dos etapas compresoras, otorgaría a los planificadores de proyectos un procedimiento capaz de determinar el grado de definición requerido para cada uno de los elementos que conforman las actividades asociadas a este tipo de proyecto.

Con base en lo anterior expuesto surge la siguiente interrogante:

¿Cómo puede ser desarrollado un procedimiento adaptado a la metodología del PDRI para definir la evaluación del alcance de proyectos de mantenimiento de compresores reciprocantes pertenecientes a la industria petrolera?

Con el propósito de dar respuesta a esta interrogante se plantearon los siguientes objetivos:

Objetivo General

Desarrollar un procedimiento adaptado a la metodología del PDRI para definir la evaluación del alcance de proyectos de mantenimiento a compresores reciprocantes pertenecientes a la industria petrolera.

Objetivos Específicos

- Describir las metodologías del Project Definition Rating Index (PDRI)

- Determinar los pasos requeridos para el mantenimiento a compresores reciprocantes.
- Desarrollar una herramienta para la medición del grado de definición del alcance de proyectos de mantenimiento de compresores reciprocantes.
- Validar la metodología propuesta a través de un caso práctico.

Justificación de la investigación

En el ámbito de la Gerencia de Proyectos, la definición clara y precisa del alcance de los proyectos es uno de los factores claves en el éxito del mismo, por lo que la creación y aplicación de procedimientos que permitan lograr una definición clara y precisa del alcance de proyectos, debe ser considerado como un beneficio en esta área.

Herramientas como el PDRI permiten lograr mejoras en la definición del alcance de los proyectos facilitando a los equipos de proyectos crear una lista de verificación para determinar el grado de definición del alcance del proyecto y mejorar la comunicación del equipo de trabajo para resolver diferencias dentro del mismo, mediante el uso de una base común de evaluación.

Los aportes que el PDRI puede dar a los proyectos de Mantenimiento a Compresores Reciprocantes pueden ser considerados como una buena alternativa para establecer de manera clara y precisa el grado de definición del alcance de proyectos de este tipo, de esta manera empresas como Hoerbiger de Venezuela, S.A. pueden aumentar de manera significativa la calidad del servicio de mantenimiento ofrecido a sus clientes

Alcance de la investigación

El presente estudio comprendió la creación de un procedimiento para medir el grado de definición del alcance de proyectos de mantenimiento de compresores reciprocantes mayor a dos etapas compresoras. Contempla la revisión de la metodología del PDRI y la descripción de los elementos críticos para el mantenimiento de compresores reciprocantes.

Capítulo II

MARCO TEÓRICO

Consideraciones Generales

Un aspecto clave para el desarrollo de cualquier tipo de proyecto es la definición correcta del alcance del mismo. De acuerdo a las teorías de Project Management Institute (PMI, 2004), todo proyecto debe contar con un alcance definido y comunicado a todos los involucrados antes del inicio del mismo. Durante la Gestión del Alcance del Proyecto se deben envolver los procesos necesarios para asegurarse que el proyecto incluya todo el trabajo requerido, y sólo el trabajo requerido para completar el proyecto satisfactoriamente.

Definir el alcance de un proyecto con un grado detalle tal que asegure una definición completa y que se mantenga sin cambios hasta el final del proyecto, es una tarea considerada como muy compleja. Esto se debe a que la misma definición del alcance podría considerarse como un proyecto en si mismo.

En algunos proyectos, la definición del alcance puede llegar a ser un proceso muy arduo, debido a la dificultad para determinar en detalle cuáles serán todas las salidas del proyecto, su costo total y la fecha de finalización. Esto suele tener como resultado un mal uso de los recursos y un proyecto fuera de los requisitos iniciales.

En definitiva, un proyecto en el que no se realiza una definición del alcance en forma correcta, tiene alto grado de probabilidades de presentar problemas en su planificación, ejecución y control por lo que el éxito del mismo se reduce considerablemente.

Para aumentar la probabilidad de éxito de los proyectos, hoy en día existen metodologías como el PDRI, que permiten llevar a cabo un proyecto garantizando el cumplimiento de sus objetivos, mediante una mejor definición del alcance del proyecto.

Antecedentes de la investigación

En torno a la utilización de herramientas para la mejora del proceso de definición del alcance de proyectos existen innumerables investigaciones. No obstante, luego de haber realizado una revisión de algunos trabajos relacionados al tema pueden ser considerados como antecedentes a esta investigación los siguientes trabajos:

El Trabajo Especial de Grado presentado por Mónica Villalobos en el 2002 ante la Universidad Católica Andrés Bello para optar al Título de Especialista en Gerencia de Proyectos, el cual se titula “Adaptación del PDRI para proyectos IPC en la industria Petrolera”. Entre las conclusiones que esta arroja, se concluye que esta herramienta se convierte en una solución que llena un vacío dentro de la gerencia de proyectos.

En materia de mantenimiento a compresores, específicamente en el año 1984 Maraven publicó el manual denominado “Principios de Funcionamiento, Operación y Mantenimiento de Motocompresores Reciprocantes” en el cual fueron descritos los componentes claves de los equipos compresores así como los tipos de mantenimiento comúnmente usados para estos equipos.

Bases Teóricas

Índice de Grado de Definición de Proyectos (PDRI)

El PDRI es una herramienta que cuantifica, pondera y evalúa el nivel de desarrollo del alcance del proyecto antes de desarrollar los documentos constructivos del mismo (Núñez, 2001).

Tipos de PDRI

Inicialmente, el PDRI fue desarrollado para la medición de la definición del alcance de proyectos en el área de ingeniería, sin embargo, se han desarrollado modificaciones del mismo a fin de ajustarlo a varios tipos de proyectos, de esta manera surgieron el PDRI para edificios y el EM-PDRI.

A continuación se describen los tres principales tipos de PDRI que se han desarrollado.

PDRI - Proyectos Industriales

El PDRI para proyectos industriales es una de las diferentes investigaciones realizadas por el CII con el objetivo de mejorar el nivel de definición de proyectos industriales. Este consiste en una lista de 70 elementos, divididos en tres secciones que a su vez son agrupadas en 15 categorías (Canelón, 2005, p. 9). Esta versión del PDRI fue creada para el uso en proyectos industriales, tales como:

- Facilidades de producción de petróleo/gas.
- Plantas químicas.
- Plantas de papel.
- Plantas de generación de electricidad.
- Plantas de procedimiento de alimentos.
- Plantas textiles.
- Plantas farmacéuticas.
- Plantas de acero/aluminio.
- Facilidades manufactureras.
- Refinerías.

Secciones PDRI - Proyectos Industriales

Las secciones que conforman el PDRI para Proyectos Industriales están organizadas de la siguiente forma:

Sección I. Bases de la Decisión del Proyecto

En esta sección se determina el grado en el que el equipo del proyecto será capaz de lograr los objetivos del proyecto. Las categorías y elementos que conforman esta sección son:

A. Criterios para los objetivos de manufactura.

A.1 Filosofía de confiabilidad.

A.2 Filosofía de mantenimiento.

A.3 Filosofía de operación.

B. Objetivos del Negocio.

- B.1 Productos.
- B.2 Estrategias de mercado.
- B.3 Estrategia del proyecto.
- B.6 Consideraciones para expansiones futuras.
- B.7. Ciclo de vida esperado del proyecto.
- B.8 Consideraciones sociales.

C. Investigación y desarrollo de data básica.

- C.1 Tecnología.
- C.2 Procesos.

D. Alcance del proyecto.

- D.1 Declaración de los objetivos del proyecto (S/N).
- D.2 Criterios para el diseño del proyecto.
- D.3 Características del sitios disponible Vs. requerido (S/N)
- D.4 Requisitos de desmantelamiento y demolición.
- D.5 Alcance del trabajo por disciplina / líder.
- D.6 Programa del proyecto.

E. Valoración de la ingeniería.

- E.1 Simplificación del Proceso.
- E.2 Alternativas de diseño y materiales considerados / rechazados.
- E.3 Diseño para análisis de constructibilidad.

Sección II. Definición Front End

Esta sección describe la Información técnica y de procesos que debe ser evaluada para lograr una comprensión global del alcance del proyecto. Las categorías y elementos de esta sección son:

F. Formación del lugar.

- F.1. Ubicación del sitio
- F.2 Estudios y pruebas de suelo.
- F.3 Evaluación ambiental.

F.4 Requerimientos de permisología.

F.5 Servicios y condiciones de suministro.

F.6 Consideraciones para protección contra incendio y seguridad.

G. Procesos / Mecánica.

G.1 Diagramas de flujo de proceso.

G.2 Balance de material y calor.

G.3 Diagramas de instrumentación y tuberías (P&ID'S).

G.4 Gerencia de seguridad de proceso (GSP).

G.5 Diagramas de flujo de servicios.

G.6 Especificaciones.

G.7 Requerimientos del sistema de tuberías.

G.8 Plano de ubicación.

G.9 Lista de equipos mecánicos.

G.10 Lista de línea.

G.11 Lista de enlace.

G.12 Lista de renglones especiales de tubería.

G.13 Índice de instrumentos.

H. Alcance de equipos.

H.1 Estado de los equipos.

H.2 Planos de ubicación de equipos.

H.3 Requerimientos de servicios de los equipos.

I. Civil, estructural y Arquitectura.

I.1 Requerimientos civiles / estructurales.

I.2 Requerimientos arquitectónicos.

J. Infraestructura.

J.1 Requerimientos para tratamiento de agua.

J.2 Requerimientos de almacenaje / carga / descarga.

K. Instrumentación y Electricidad.

K.1 Filosofía de control.

K.2 Diagramas Lógicos (S/N)

K.3 Clasificaciones eléctricas de áreas.

K.4 Requerimientos de subestaciones / Identificación de fuentes de energía.

K.5 Diagramas unifilares.

K.6 Especificaciones eléctricas y de instrumentación.

Sección III. Estrategias de ejecución

Para esta sección aparecen los elementos a evaluar para lograr una comprensión global de los requerimientos de la estrategia de ejecución del cliente. Esta sección está conformada por las siguientes categorías y elementos:

L. Estrategias de procura.

L.1 Identificación de equipos y materiales críticos.

L.2 Planos y procedimientos de procura.

L.3 Matriz de responsabilidades de procura (S/N).

M. Suministros.

M.1 Requerimientos de modelos / CADD

M.2 Definición de renglones a enviar.

M.3 Matriz de distribución (S/N).

N. Control de proyectos.

N.1 Requerimientos de control del proyecto.

N.2 Requerimientos de contabilidad del proyecto.

N.3 Análisis de riesgos (S/N).

O. Plan de ejecución del proyecto.

P.1 Requerimientos de aprobación del cliente.

P.2 Plan y estrategia de ingeniería y construcción.

P.3 Requerimientos de parada / arranque.

P.4 Requerimientos de secuencia de pre-arranque.

P.5 Requerimientos de arranque.

P.6 Requerimientos de entrenamiento.

Puntuación PDRI - Proyectos Industriales

En el PDRI para proyectos industriales, la puntuación asignada a cada elemento está determinada en base a su nivel de definición. La escala de puntuación para cada elemento es de “0” a “5” (ver tabla 3). Al realizar la suma de los puntajes de cada elemento se obtiene el nivel de definición del alcance del proyecto, mientras más baja sea la puntuación mejor para el proyecto, es decir, existe un mayor grado de definición del alcance del proyecto y por lo tanto una mayor probabilidad de éxito del mismo.

Tabla 3. *Puntuación de PDRI Proyectos Industriales*

Nivel de Definición	Puntuación
No aplicable	0
Definición Completa	1
Deficiencias Menores	2
Algunas Deficiencias	3
Deficiencias Mayores	4
Incompleta o Pobremente definido	5

Fuente: Canelón (2005)

PDRI para Edificios

El PDRI para edificios fue desarrollado en la Universidad de Texas en el año 1997, utilizando el PDRI para proyectos industriales como base. Está conformado por 64 elementos, distribuidos en 11 categorías que a su vez están agrupados en tres secciones. Fue diseñado para ser usados en proyectos estructuras tales como:

- Oficinas.
- Bancos.
- Facilidades Médicas.
- Edificios Institucionales.
- Hoteles.

- Escuelas.
- Laboratorio.
- Facilidades livianas de industrias de manufactura.
- Viviendas.
- Iglesias.
- Facilidades deportivas.
- Facilidades recreacionales.
- Salas de control.
- Terminales de aeropuertos.
- Centros Comerciales.
- Edificios Públicos.
- Auditorios / Salas.

Secciones PDRI para Edificios

El PDRI para Edificios ésta estructurado de la siguiente manera:

Sección I. Bases de decisión

La primera sección contiene la información necesaria para entender los objetivos del proyecto. El grado de completación de esta sección permite medir la alineación del equipo de proyecto con los objetivos del negocio. Sus categorías son:

A. Estrategia de negocio.

- A1. Requerimientos de uso del edificio.
- A2. Justificación del negocio.
- A3. Plan de negocios.
- A4. Análisis económico.
- A5. Requerimientos de instalaciones.
- A6. Alteración por expansión futura.
- A7. Consideraciones para la selección del sitio.
- A8. Establecimiento de los objetivos del proyecto.

B. Requerimientos del dueño.

- B1. Requerimientos de la confiabilidad.

B2. Requerimientos del mantenimiento.

B3. Requerimientos de la operación.

B4. Requerimientos del diseño.

C. Requerimientos del proyecto.

C1. Proceso de análisis-valor.

C2. Criterio de diseño del proyecto.

C3. Evaluación de las Instalaciones existentes.

C4. Alcance del trabajo.

C5. Programa del proyecto (calendario).

C6. Costo estimado del proyecto.

Sección II. Bases del diseño

Esta sección contiene la descripción del espacio, sitio y diseño técnico de los elementos necesarios para la completación de las bases del diseño del proyecto. Las categorías que conforman esta sección son:

D. Información del sitio.

D1. Layout del sitio.

D2. Inspección del sitio.

D3. Información civil geotécnica.

D4. Reglamentos gubernamentales.

D5. Evaluación ambiental.

D6. Fuentes de servicios, condiciones de abastecimiento.

D7. Consideraciones de seguridad del sitio.

D8. Tratamiento especial del agua y de los desperdicios.

E. Programación de la edificación.

E1. Descripción del programa.

E2. Lista de espacios del edificio.

E3. Diagramas globales de relación entre espacios.

E4. Diagramas verticales.

E5. Crecimiento futuro y desarrollo por fases.

- E6. Requerimientos de circulación y espacios abiertos.
- E7. Diagramas de relación funcional espacio por espacio.
- E8. Requerimientos de instalaciones para carga y descarga.
- E9. Requerimientos de transporte.
- E10. Acabados del edificio.
- E11. Hojas de información de los espacios.
- E12. Mobiliario y equipos.
- E13. Consideraciones de tratamiento de ventanas.

F. Parámetro de diseño de la edificación / proyecto.

- F1. Diseño civil de áreas exteriores.
- F2. Diseño arquitectónico.
- F3. Diseño estructural.
- F4. Diseño mecánico.
- F5. Diseño eléctrico.
- F6. Requerimientos de seguridad del edificio.
- F7. Análisis de constructabilidad.
- F8. Sofisticación tecnológica.

G. Equipos.

- G1. Lista de equipos.
- G2. Planos de ubicación de equipos.
- G3. Requerimientos de equipos para servicios.

Sección III. Plan de Ejecución

La sección III describe los elementos a evaluar para el completo entendimiento de la estrategia de ejecución del dueño. Sus categorías son:

H. Estrategia de procura.

- H1. Identificar materiales y equipos críticos y tiempo largo de entrega.
- H2. Procedimientos de procura y planes.

I. Productos.

I1. Requerimientos de modelación/CAD.

I2. Formas de documentación.

J. Control de proyectos.

J1. Control y aseguramiento de la calidad del proyecto.

J2. Control del costo del proyecto.

J3. Control del programa (calendario) del proyecto.

J4. Administración del riesgo.

J5. Procedimientos de seguridad.

K. Plan de ejecución.

K1. Organización del proyecto.

K2. Requerimientos para aprobación del cliente.

K3. Forma de administración del proyecto.

K4. Enfoque del plan de diseño y construcción.

K5. Requerimientos substanciales de terminación del proyecto.

Puntuación PDRI para Edificios

Al igual que el PDRI para proyectos industriales el sistema de puntuación del PDRI para edificios asigna a cada elemento un valor entre “0” y “5” (ver tabla 4), siendo 1.000 puntos el puntaje para proyectos con una alto grado de indefinición del alcance.

Tabla 4. *Puntuación de PDRI para edificios*

Nivel de Definición	Puntuación
No aplicable	0
Definición Completa	1
Deficiencias Menores	2
Algunas Deficiencias	3
Deficiencias Mayores	4
Incompleta o Pobremente definido	5

Fuente: Canelón (2005)

EM-PDRI

El EM-PDRI es una herramienta para la gestión de proyectos desarrollada por el DOE, con el propósito de mejorar la planificación de los proyectos ambientales, a través de las áreas de costo, alcance, cronograma, gerencia de planificación y control, y factores externos.

Puntuación EM-PDRI

El EM-PDRI posee una escala de valoración entre “0” y “5” para cada elemento a evaluar. Un valor igual a “0” representa que el elemento no posee un adecuado nivel de definición, mientras que un valor de “5” llena las expectativas de valoración del elemento. En general, los valores de madurez deben ser desarrollados aplicando criterios cualitativos y cuantitativos para cada elemento (ver tabla 5).

Tabla 5. *Puntuación de EM-PDRI, proyectos convencionales*

Nivel de Definición	Puntuación	Porcentaje de completación
No aplicable	N/A	N/A
Trabajo no iniciado	0	0
Trabajo iniciado	1	1% a 20%
Concepto definido	2	21% a 50%
Trabajo en detalles esenciales	3	51% a 80%
Esquema final	4	81% a 95%
Completo	5	95% a 100%

Fuente: Department of Energy (2001)

Beneficios del PDRI

Entre los beneficios obtenidos por el uso de esta herramienta se encuentran:

- Se puede utilizar como una lista de verificación que el equipo de proyecto puede usar para determinar los pasos necesarios para definir el alcance del proyecto.
- Es adaptable al desarrollo de alcances de proyectos pequeños.

- Una media para monitorear el progreso de varias etapas durante la planeación del proyecto y para intensificar esfuerzos en las áreas de alto riesgo que necesitan mayor definición.
- Como una herramienta que ayude en la comunicación entre dueños, diseñadores y contratistas incrementando las áreas poco definidas en la definición de alcance inicial.
- Una media para los participantes del equipo de proyecto para reconciliar diferencias usando una base en común por una evaluación del proyecto.
- Como una herramienta de comparación para compañías usándola en la evaluación de definiciones de alcance completas contra la probabilidad de éxito en proyectos futuros.

Definición del Alcance en Proyectos de Mantenimiento a Compresores Reciprocantes

Los programas de mantenimiento de equipos como los compresores reciprocantes, generalmente están influenciados por las políticas de las compañías poseedoras de los equipos, estando muchas veces fuera del control del mecánico u operario del equipo.

Aún cuando las personas que trabajan en las plantas compresoras estén perfectamente capacitadas para el desarrollo del mantenimiento, los equipos se pueden ver gravemente afectados si no se toman en cuenta algunos elementos. En primer lugar, si el departamento de ingeniería no realiza un diseño o una determinación del tamaño correcto del equipo necesario en una aplicación será prácticamente imposible realizar el mantenimiento al equipo compresor. Adicionalmente, otro factor que puede influir en el éxito del mantenimiento es la calidad de los repuestos adquiridos. Si el departamento encargado de adquirir los repuestos se preocupa únicamente del costo de los mismos sin tomar en cuenta la calidad, el equipo puede presentar problemas desde la misma realización del mantenimiento. El tercer elemento involucra las operaciones en el campo, si la política de la compañía es no permitir los tiempo de parada, los encargados del mantenimiento tendrán que recurrir a arreglos rápidos para mantener el equipo operando.

Adicionalmente, si la compañía no define las tareas de mantenimiento de manera adecuada y no clasifica los puestos de trabajo y las responsabilidades de los involucrados, hay muchas probabilidades de realizar un mantenimiento fuera del alcance inicial.

Antes de analizar las causas probables de los problemas en los compresores reciprocantes, así como los tipos de mantenimiento, es necesario realizar una descripción de la operación del equipo así como de las partes que lo conforman.

El Compresor Reciprocante

Uno de los equipos más comúnmente usados en el transporte y manejo de sustancias gaseosas es el compresor. Esta máquina tiene como finalidad aumentar la presión del gas, desde una presión menor llamada presión de succión, hasta una presión mayor denominada presión de descarga (Bolívar, 1984, p. 82).

Los compresores reciprocantes pertenecen al grupo de compresores denominados de desplazamiento positivo o volumétrico. Dichas máquinas comprimen el gas a través de una reducción del volumen del mismo. El gas es literalmente forzado a ocupar un volumen menor, lo que origina un aumento de su presión y temperatura.

Figura 2. Compresor Reciprocante



Fuente: Hoerbiger de Venezuela, S.A. (2004).

Componentes de un Compresor Reciprocante

Según Bolívar (1984), los componentes y sistemas principales de los compresores reciprocantes son los siguientes:

Cigüeñal: el cigüeñal convierte el movimiento rotativo impartido por el motor en movimiento lineal, el cual es necesario para comprimir el gas. El mismo rota sobre cojinetes y está físicamente conectado con bielas.

Figura 3. Cigüeñal de Compresor Reciprocante



Fuente: Hoerbiger de Venezuela, S.A. (2004).

Biela: esta parte es la encargada de accionar el pistón e impartirle el movimiento lineal transmitido a través del cigüeñal. Por uno de los extremos la biela se encuentra conectada al cigüeñal mientras que por el otro extremo se conecta a la cruceta mediante un pasador.

Figura 4. Biela de Compresor Reciprocante



Fuente: Hoerbiger de Venezuela, S.A. (2004).

Pistón y anillos: el pistón es un cilindro abierto por su base inferior, cerrado en la superior y sujeto a la biela en su parte intermedia. El movimiento del pistón en el interior del cilindro produce la compresión del gas durante el movimiento de compresión y produce un vacío en el cilindro durante el movimiento de aspiración.

Figura 5. Pistón de Compresor Reciprocante



Fuente: Hoerbiger de Venezuela, S.A. (2004).

Los anillos de pistón se encargan de lubricar el cilindro a fin de reducir la fricción entre el pistón y el cilindro. La selección del material para los anillos depende de las condiciones de operación y del tipo de gas que es comprimido. Los anillos de pistón pueden ser fabricados en bronce, termoplásticos, teflón o laminados con base de resina.

Figura 6. Anillos de Pistón



Fuente: Hoerbiger de Venezuela, S.A. (2004).

Eje del pistón: este elemento transmite el movimiento lineal al pistón. El mismo es roscado a la cruceta por un extremo mientras que el otro extremo es conectado al pistón. El eje del pistón es una parte crítica en el diseño del compresor debido a que éste es sometido en forma alternativa a cargas de tensión y compresión.

Figura 7. Barra o Eje de Pistón



Fuente: Hoerbiger de Venezuela, S.A. (2004).

Empaques o sellos: son clasificados en dos categorías, el primero es el sello de presión que se ubica entre el eje del pistón y el cilindro. La función de este elemento es el de evitar que el gas comprimido escape del cilindro, en consecuencia este debe resistir la presión de descarga del cilindro. El segundo tipo de empaque o sello es la estopera, que es colocada entre el eje del pistón y la guía para así evitar el flujo o paso del aceite lubricante de la cruceta al eje del pistón.

Figura 8. Elementos de Sello



Fuente: Hoerbiger de Venezuela, S.A. (2004).

Cilindros: los cilindros sirven de guía al pistón y como recipiente del gas durante el proceso de compresión del gas. Los cilindros de compresión varían de tamaño al igual que los pistones, el diámetro de éstos puede variar entre 2-3/4" hasta 26-1/2".

Válvulas: son dispositivos diseñados para permitir el flujo del gas en una sola dirección. Cada cilindro debe tener dos conjuntos de válvulas, uno para permitir el gas antes de la compresión y otro para descargar el gas después de la compresión. La operación de las válvulas es automática, estas abren y cierran debido a cambios en la presión diferencial entre el interior del cilindro y los pasajes de circulación del gas.

Figura 9. Válvulas Compresoras (Succión, Descarga)



Fuente: Hoerbiger de Venezuela, S.A. (2004).

Descargador: estos son dispositivos instalados en los cilindros del compresor para aumentar o disminuir el volumen muerto del cilindro y de esta manera aumentar o disminuir la capacidad y potencia del compresor. Los descargadores pueden ser instalados en la cabeza del cilindro o en las válvulas de succión, donde pueden ser operados de manera manual o neumática.

Sistema de lubricación: el sistema de lubricación es diseñado con el objeto de reducir la fricción entre las partes en movimientos y enfriar las partes sometidas a intenso calor.

Sistema de enfriamiento: este sistema está diseñado para enfriar las partes del compresor así como enfriar el gas después de cada etapa de compresión.

Sistema de seguridad: este sistema está conformado por una serie de dispositivos capaces de detener el funcionamiento del equipo en caso de emergencia o en condiciones de alta peligrosidad, como baja presión de lubricante, alta temperatura del agua de enfriamiento, sobre-velocidad en el motor, alto nivel de líquido en los separadores, sobre-velocidad en el turbo-cargador, alta temperatura de descarga del gas, baja y alta presión de succión y/o descarga y excesiva vibración del motor o equipo auxiliar.

Problemas en Compresores Reciprocantes

Los compresores reciprocantes ofrecen rutinariamente a nivel mundial una disponibilidad de 95%. Una planta compresora con disponibilidad por debajo de 90% se considera con fallas operacionales que se deben analizar (Hoerbiger de Venezuela, S.A., 2004, p. 67). El desarrollo de un buen programa de mantenimiento preventivo puede ayudar a mejorar considerablemente el rendimiento de estos equipos.

En los compresores reciprocantes las fallas menores por lo general se deben a la presencia de líquidos o polvos, mala calibración, o que el personal de operaciones no esté familiarizado con el funcionamiento de los diferentes componentes y sistema de la máquina.

Estos problemas menores pueden corregirse normalmente con una buena limpieza, una calibración correcta, la eliminación de cualquier condición de operación adversa o el reemplazo inmediato de algún repuesto de importancia relativamente menor. Los problemas de mayor severidad son causados generalmente por períodos prolongados de operación con enfriamiento, lubricación inadecuada, operación sin supervisión, mantenimiento deficiente o simplemente uso inadecuado del equipo.

Tabla 6. *Causas probables de Problemas en Compresores Reciprocantes*

Falla detectada	Posible causa
Compresor no arranca	- Falla en energía de suministro. - Tablero de arranque. - Interruptor de presión de aceite activado.
Baja presión de aceite	- Falla en la bomba de aceite. - Aceite muy frío. - Filtro de aceite sucio. - Excesiva filtraciones de aceite en los cojinetes. - Válvula de alivio defectuosa.
Ruido en el cilindro	- Pistón suelto. - Asiento de la válvula inadecuado. - Anillos de pistón o bandas rotas o desgastadas. - Líquido en el cilindro.
Fuga excesiva por la empaquetaduras	- Anillos de empaquetaduras desgastados. - Anillos mal instalados. - Barra de pistón rayada, cónica u ovalada. - Empaquetadura más asentada o mal alineada. - Suciedad en la empaquetadura.
Sobrecalentamiento en las empaquetaduras	- Falla de lubricación. - Aceite de lubricación incorrecto o insuficiente flujo. - Anillos de empaquetaduras mal instaladas o desgastadas. - Suciedad en la empaquetadura.
Excesivo carbón en las válvulas	- Exceso de aceite lubricante. - Aceite lubricante incorrecto.

Tabla 6. *Causas probables de Problemas en Compresores Reciprocantes*
(Continuación)

Falla detectada	Posible causa
Alta temperatura de descarga	- Escapes en la válvula de descarga o anillos de pistón. - Alta temperatura de entrada. - Aceite lubricante y/o flujo de lubricante incorrecto.
Fuga de aceite en el cigüeñal	- Ventilación o tubo taponado. - Escape excesivo en la empaquetadura del cilindro.
Válvula de alivio disparada	- Válvula defectuosa.
Filtraciones por los rascadores de aceite del pistón	- Anillos desgastados o mal ensamblados. - Barra desgastada o rayada. - Ajuste incorrecto de los anillos a la barra.
Golpe en el bloque	- Cojinetes de bancada, de muñón del cigüeñal o de cruceta sueltos o desgastados. - Baja presión de aceite. - Aceite frío o aceite inadecuado.

Fuente: Hoerbiger de Venezuela, S.A. (2004)

Mantenimiento a Compresores Reciprocantes

El mantenimiento es una de las bases para lograr una operación eficiente y segura de las unidades compresoras, por tal motivo, es de vital importancia para las compañías operadoras implementar programas de mantenimiento para aumentar la eficiencia y confiabilidad de los equipos. Existen tres (3) filosofías básicas de mantenimiento para equipos de compresión (Hoerbiger de Venezuela, S.A. 2004, p. 62), los cuales son:

Mantenimiento Correctivo o No Programado: este mantenimiento puede ser muy costoso y peligroso, ya que algunos operadores toman la decisión de operar el equipo hasta que se presente la falla para luego corregirla. Bajo esta condición el equipo es reparado cuando deja de funcionar por fallas o interrupciones.

Mantenimiento Preventivo o Programado: el mantenimiento preventivo o programado tiene el objetivo de verificar que los parámetros de funcionamiento de los

componentes básicos del equipo: sistema de lubricación, sistema de encendido y sistema de enfriamiento, se encuentren dentro de los valores normales de operación y que sus elementos estén en buen estado.

En este tipo de mantenimiento las reparaciones son realizadas de acuerdo a las horas de operación de la máquina. Antes de que se alcance determinado tiempo de trabajo, la parte es reemplazada y se inicia otro lapso de operación. Con este sistema se trata de establecer en número de horas, el tiempo de operación de los componentes de la máquina sin presentar fallas.

El mantenimiento preventivo o programado requiere de mucho esfuerzo de personal, materiales y de logística, además el equipo debe estar fuera de operación.

Mantenimiento Predictivo o basado en Condición: el objetivo de este mantenimiento es de usar herramientas tecnológicas existentes para monitorear y evaluar las condiciones de los equipos en un momento determinado. Generalmente las partes o componentes del compresor dan indicaciones o avisos antes de que la falla ocurra, usando este criterio el esfuerzo de mantenimiento puede llegar a ser minimizado, por lo que es factible llegar a predecir fallas antes de que estas ocurran y por ende reducir los costos involucrados en el mantenimiento.

A continuación se mencionan algunas herramientas tecnológicas que ayudan en la efectividad de los programas de mantenimiento:

- *Análisis de vibraciones:* permite monitorear el comportamiento dinámico de los elementos rotativos de los equipos causados por fatiga, desgaste, turbulencia, desalineación, etc.
- *Análisis de aceite lubricante:* determina las condiciones del aceite y presencia de metales de los componentes internos sometidos a desgaste.
- *Análisis infrarrojo:* visualizar potenciales puntos calientes en componentes mecánicos y eléctricos.

- *Detección de ultrasonido*: permite determinar fugas en compresores y en los sistemas de procesos, particularmente en los sistemas de admisión de motores de combustión y turbinas, válvulas compresoras, válvulas de retención, etc.
- *Analizador electrónico*: es un equipo que permite analizar el comportamiento de las variables en un equipo de compresión (motor – compresor) y los resultados es comparado con los valores de diseño. Estos analizadores emite gráficos relacionados a curva de presión – volumen o ciclos de compresión, lo cual es un elemento importante para determinar los parámetros operacionales del equipo de compresión.

Capítulo III

MARCO METODOLÓGICO

El presente capítulo está dirigido a presentar la metodología a utilizar para el desarrollo de una herramienta de definición del alcance en proyectos de mantenimiento a compresores reciprocantes. Se muestran los siguientes aspectos: el diseño y tipo de investigación, la unidad de análisis, las variables; definición conceptual y operacional, las estrategias para la recolección, el procesamiento de análisis de datos, el plan de investigación y las consideraciones éticas.

Tipo de Investigación

La investigación se adecua a los propósitos de una investigación aplicada, orientándose al desarrollo de una herramienta para medir el grado de definición del alcance de proyectos de mantenimientos a compresores reciprocantes.

En función de los objetivos, el tipo de investigación se ubica en la modalidad denominada como proyecto factible. Según el Manual de Trabajos de Grado de Especialización, Maestrías y Tesis Doctorales de la UPEL (1998) este tipo de proyecto:

Consiste en la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organizaciones o grupos sociales, puede referirse a la formulación de políticas, programas, tecnologías, métodos o procesos. El proyecto debe tener apoyo en una investigación de tipo documental, de campo o ambas modalidades (p. 7)

Unidad de Análisis

En la presente investigación la unidad de análisis fue el alcance de los proyectos de mantenimiento de compresores reciprocantes obtenidos de las unidades compresoras ubicadas en la zona nororiental de Venezuela y a las que Hoerbiger de Venezuela, S.A. ha realizado proyectos de mantenimiento.

El estudio podrá ser utilizado por aquellos equipos de trabajo enfocados al mantenimiento de compresores reciprocantes.

Variables; definición conceptual y operacional

Para esta investigación la variable es nivel de definición del alcance de proyectos de mantenimiento de compresores recíprocos.

En referencia a la definición del alcance en todo proyecto “la preparación de un enunciado del alcance del proyecto detallado es crítica para el éxito del proyecto y se construye sobre la base de los principales productos entregables, asunciones y restricciones que se documentan durante la iniciación del proyecto en el enunciado del alcance del proyecto preliminar” (PMI, 2004).

En cuanto a los Programas de Mantenimiento a Compresores Recíprocos, se busca obtener un sistema que permita prever las averías, efectuar revisiones, engrases y reparaciones eficaces, dando a la vez normas de buen funcionamiento a los operadores o usuarios de las máquinas.

Tabla 7. Operacionalización de Objetivos

Objetivo General:			
Desarrollar un procedimiento adaptado a la metodología del PDRI para definir la evaluación del alcance de proyectos de mantenimiento a compresores recíprocos pertenecientes a la industria petrolera.			
Objetivo Específico	Variables	Dimensión	Indicadores
Determinar los elementos requeridos para el mantenimiento a compresores recíprocos.	PDRI para proyectos industriales	Herramienta desarrollada por CII para la medición del grado de definición de proyectos industriales	-Secciones -Categorías -Elementos
	PDRI para proyectos de edificios	Herramienta desarrollada por CII para la medición del grado de definición de construcción de de edificaciones	-Secciones -Categorías -Elementos
	EM-PDRI (Environmental Management PDRI)	Herramienta desarrollada por el departamento de proyectos, del departamento de Energía de Estados Unidos, para medición del grado de definición y planificación de proyectos.	-Categorías -Elementos

Tabla 7. Operacionalización de Objetivos (Continuación)

Objetivo Especifico	Variables	Dimensión	Indicadores
Determinar los elementos requeridos para el mantenimiento a compresores reciprocantes.	Factores a considerar en el mantenimiento de compresores reciprocantes	Factores y elementos que determinan las características del mantenimiento	- Marca del compresor - Modelo del compresor - Número de cilindros del compresor - Cantidad de válvulas compresoras - Tipo de gas a comprimir - Tipo de motor utilizado para el arranque del compresor - RPM (revoluciones por minuto) del motor - Listado de partes a reemplazar (repuestos) - Ubicación del Compresor - Accesibilidad del equipo
Desarrollar los elementos para la medición del grado de definición del alcance de proyectos de mantenimiento de compresores reciprocantes.	Elementos que conforman la bases del proyecto	Secciones de la metodología (alcance, filosofía, planificación y control, actividades)	- Verificación de la presencia de elementos necesarios del Alcance de proyectos mantenimiento a compresores reciprocantes
	Elementos que conforman la bases técnicas así como los requerimientos e insumos del proyecto	Secciones de la metodología (alcance técnico, calidad, costo, recurso humano, procura, riesgos, factores externos)	- Puntuación de las secciones y elementos - Ponderación de la puntuación de las secciones de la metodología.

Fuente: Elaboración propia (2010)

Técnicas e instrumentos para la recolección, procesamiento de análisis de los datos

Para el desarrollo de esta investigación fue necesario utilizar herramientas que permitieran recolectar el mayor número de información necesaria, con el fin de obtener un conocimiento más amplio de las áreas de definición del alcance de proyectos y el mantenimiento a compresores.

La información recopilada fueron, guías de definición del alcance de proyectos, manuales de mantenimiento, instructivos de manejo de herramientas y cualquier otro documento que aporte información sobre los trabajos de mantenimiento a compresores reciprocantes realizados anteriormente, incluyendo información del tiempo de duración de cada actividad, personal requerido, etc., de esta manera se logrará identificar los procesos más críticos en el procedimiento de mantenimiento.

La verificación y validación de la información se realizó a través de encuestas con dos profesores en la materia de definición de alcance de proyectos, así como encuestas con cuatro profesionales dedicados a los trabajos de mantenimiento a compresores reciprocantes.

La encuestas, según Hyman, H. (1993) es “un conjunto de técnicas que utilizamos, mediante las cuales los sujetos proporcionan información acerca de sí mismos en forma activa. Las encuestas se utilizan mediante entrevistas orales y cuestionarios escritos” (p. 166).

Las encuestas realizadas a través de entrevistas orales contaron con instrumentos de recolección de datos como fichas de trabajo. Según Tamayo y Tamayo, M. (1998), las fichas de trabajo, “son instrumentos que nos permiten ordenar y clasificar los datos consultados y recogidos, incluyendo nuestras observaciones y críticas” (p. 212)

El proceso de recolección de la información fue realizada a través de las siguientes fases:

- Fase 1. Consulta bibliográfica: la primera fase consistirá en la realización de una investigación bibliográfica, referente a las metodologías y herramientas utilizadas en el área de definición del alcance de proyectos así como las características y factores a tomar en cuenta en los programas de mantenimiento a compresores reciprocantes.
- Fase 2. Consulta a profesionales: la segunda fase consistió en la obtención de conversaciones con dos profesionales pertenecientes a las áreas de definición de alcance de proyectos y cuatro profesionales dedicados a trabajos de mantenimiento a compresores, a fin de seleccionar los procesos y elementos más relevantes en el área de definición del alcance y de proyectos de mantenimiento a compresores.
- Fase 3. Desarrollo de la herramienta: en esta fase se definieron las categorías que conformaran el PDRI para Proyectos de Mantenimiento a Compresores Reciprocantes, de igual manera se determinarán las secciones y elementos que conformarán a estas categorías.

En esta fase también se debe determinar el peso de cada elemento dentro de la herramienta. La repartición de los pesos de estos elementos se determinará con base en las consultas realizadas a los expertos en las áreas de definición de alcance y mantenimiento a compresores.

Cronograma de actividades

El cronograma para el desarrollo de la investigación es el siguiente:

Fase I. Duración 3 Meses.

- Selección del tema. Consultas bibliográficas.
- Elaboración de la propuesta.
- Desarrollo Planteamiento del Problema.
- Desarrollo Marco Conceptual.
- Desarrollo Marco Metodológico.

Fase II. Duración 1 Mes.

- Conversaciones con profesionales.
- Análisis de las conversaciones.
- Definición de las actividades más relevantes en el área de definición del alcance de proyecto.
- Definición de las actividades más relevantes en el área de mantenimiento a compresores recíprocos.

Fase III. Duración 1 Mes.

- Determinación de los elementos, categorías y secciones que conformaran la herramienta.
- Determinación de los pesos de cada uno de los elementos que conforman la herramienta.

Fase IV. Duración 3 Meses.

- Validación de la herramienta.
- Desarrollo de conclusiones y recomendaciones.

Consideraciones Éticas

La investigación fue realizada en sólidos fundamentos éticos y supervisada por personas técnicamente entrenadas y calificadas en las áreas de gerencia de proyectos y mantenimiento a compresores recíprocos, de esta manera se asegura que los resultados y consideraciones que se van a desarrollar son confiables.

La investigación será puesta a disposición del equipo que conforma la unidad de mantenimiento de compresores recíprocos de Hoerbiger de Venezuela, S.A., así como para fines académicos.

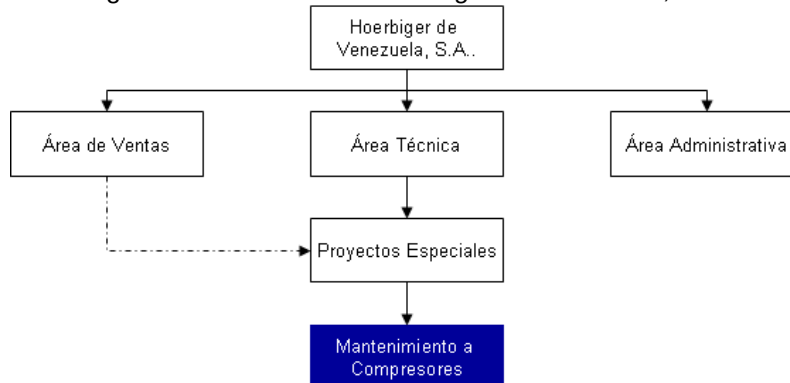
Capítulo IV

MARCO ORGANIZACIONAL

Hoerbiger de Venezuela, S.A. empresa enmarcada en el área de tecnología de compresión, en los últimos años ha venido introduciéndose en el mercado del mantenimiento de compresores reciprocantes, mayoritariamente en los perteneciente a los de la industria petrolera.

Debido a la aparición de esta nueva fuente de negocio y con el objeto de ampliar su mercado en el país, Hoerbiger de Venezuela, S.A. ha creado un departamento dedicado exclusivamente para el desarrollo de proyectos de mantenimiento de compresores reciprocantes.

Figura 10. Estructura de Hoerbiger de Venezuela, S.A.



El Departamento de Proyectos Especiales en conjunto con el Departamento de Ventas son los responsables de la búsqueda de nuevas oportunidades de negocios en lo relacionado al servicio de mantenimiento a compresores reciprocantes.

A continuación se realiza una descripción de los aspectos mas relevantes de esta organización

Historia de la organización.

Hoerbiger de Venezuela S.A. fue constituida durante el mes de Septiembre de 1989 bajo la denominación comercial TECNIVAL, TÉCNICA DE VÁLVULAS, S.A., promovida

por el Grupo Empresarial Oficina Técnica H.G.B., para tratar todo lo relacionado a ventas de válvulas compresoras, repuestos y servicios de recuperación y reparación de válvulas.

Esta inicio sus operaciones comerciales en el mes de Abril de 1991, manejada conjuntamente con C.A. OFICINA TÉCNICA H.G.B. la representación de la marca HOERBIGER. En el año de 1992, TECNIVAL, TÉCNICA DE VÁLVULAS, S.A., se asocia con HOERBIGER SERVICE INC, modificando su razón de social, denominándose HOERBIGER - TECNIVAL S.A, conocida también como HTV.

Posteriormente en el año 2001 HOERBIGER SERVICE INC., S.A., pasa a tomar el control total de la empresa, pasando a ser HOERBIGER DE VENEZUELA S.A., siendo una empresa al servicio de la industria petrolera, metalúrgica, eléctrica y en general a aquellas industrias que requieran válvulas, mantenimiento y repuestos para compresores reciprocantes, ofreciendo además, servicio de recuperación y reparación de válvulas de estos equipos, así como el asesoramiento técnico especializado, respaldado por la garantía que ofrece la marca HOERBIGER SERVICE INC, empresa de reconocida solidez y prestigio mundial.

Misión

La misión de Hoerbiger de Venezuela, S.A. va dirigida a concentrarse en un futuro orientado al crecimiento de mercados en unidades estratégicas de negocios en el área de Tecnología de Compresión. Tiene el objetivo de ocupar una posición esencial y global en los mercados, asegurando mediante una alta capacidad técnica, invirtiendo en productos y procesos innovadores que permiten un crecimiento continuo y que otorgan a aua clientes ventajas primordiales como competitividad y costos.

Visión

Hoerbiger de Venezuela, S.A. tiene como visión continuar aprendiendo e innovando a fin de anticiparse a las necesidades del mercado y de sus clientes. Esto los reta a desarrollar mejores soluciones y más rápidas que nuestra competencia.

Su objetivo a futuro consiste en liderar el mercado nacional mediante la innovación.

Valores

El éxito internacional de HOERBIGER esta basado en los valores orientados a través de las acciones de la corporación: reconocer los requerimientos del cliente, continuar innovando, manteniendo sociedades y viviendo responsablemente.

Los valores de HOERBIGER se fijan a través de un espíritu pionero, de esfuerzo, imparciales y proximidad.

Departamento de Proyectos Especiales

El Departamento de Proyectos Especiales es el responsable de la ejecución de los proyectos de mantenimiento asignados a la empresa. Esta conformado por personal altamente capacitado y con experiencia comprobada en la operación y mantenimiento a compresores reciprocantes

Al igual que los otros servicios ofrecidos por la empresa el Departamento de Proyectos Especiales trabaja en conjunto con el Departamento de Ventas para la búsqueda y ofrecimiento del servicio de mantenimiento. Ambos son responsables de la elaboración de las ofertas y prestación del servicio.

Capítulo V

Análisis de Resultados

Una vez finalizada la etapa de recolección de datos en el marco del presente trabajo de investigación, se procedió al procesamiento de los mismos siguiendo la metodología planteada con el objeto de dar respuesta a cada uno de los objetivos específicos planteados en el capítulo del Problema.

Objetivo 1. Describir las metodologías del Project Definition Rating Index (PDRI)

En PDRI es una herramienta simple y fácil de usar para medir el grado de definición de los proyectos industriales. Un puntaje bajo obtenido en la utilización de la herramienta representa que existe una buena definición del alcance del proyecto y en general corresponde con una mayor probabilidad de que sea exitoso. Alta puntuación significa que ciertos elementos del alcance del proyecto carecen de una definición adecuada.

El PDRI fue desarrollado por el CII en el año de 1996, para el uso de proyectos industriales como plantas químicas, papel, generación de electricidad, textiles, farmacéuticas entre otras.

El PDRI consiste en tres secciones principales, cada una de las cuales esta dividida en una serie de categorías, las cuales a su vez se encuentran divididas en elementos.

El PDRI tiene una evaluación sobre una base de una escala de 1000 puntos, correspondiendo a la sección I un máximo de 499 puntos, la sección II 423 puntos y a la sección III 78 puntos. Los elementos deben ser evaluados con una puntuación de 0 a 5. Esto representa un tipo de evaluación de cero defectos. Aquellos elementos que no son aplicables en el proyecto evaluado deben recibir un cero, no afectando la puntuación final.

Algunos elementos deben ser evaluados con un simple SI o NO como respuesta, indicando que ellos existen o no dentro de la definición del proyecto. Un SI corresponde a un nivel de definición de 1 y un NO a un nivel de definición de 5.

Otra adaptación del PDRI corresponde al desarrollado por el CII para proyectos de la construcción de edificios. Para este caso, fueron definidos 64 elementos, divididos en 3 secciones y 11 categorías.

Posteriormente en el año de 1999 el DOE desarrolló otra adaptación del PDRI denominado Environmental Management-Project Definition Rating Index también conocido como EM-PDRI, el cual está conformado por 5 categorías: costo, alcance, tiempo, cronograma, planificación y control, y factores externos.

Algunos beneficios que produce la realización de esta práctica se encuentran:

- Sirve como lista de verificación, para determinar el grado de avance en la definición del alcance del proyecto.
- Es un medio para facilitar la comunicación dentro del equipo de trabajo del proyecto y para resolver diferencias dentro del mismo mediante una base común de evaluación.
- Es una herramienta de adiestramiento.
- Sirve como herramienta de comparación para la empresa, al evaluar el cálculo del grado de completación del alcance del proyecto versus su comportamiento cuando se ejecuta con el objeto de lograr predecir las probabilidades de éxito de futuros proyectos.

Objetivo 2. Determinar los pasos requeridos para el mantenimiento a compresores reciprocantes.

El mantenimiento es una de las bases para lograr una operación eficiente y segura de las unidades compresoras. Por tal motivo es de vital importancia para las compañías operadoras de este tipo de máquinas, implementar programas de mantenimiento tendientes a aumentar la eficiencia y confiabilidad de la máquina.

A continuación se enumeran las actividades básicas que debe realizarse para el mantenimiento del equipo de compresión tomando en cuenta las sugerencias del fabricante y por ingenieros especialistas.

1.- Inspección de componentes: A continuación se presenta un cuadro donde se indican algunas dimensiones que deben ser consideradas al momento de ensamblar el equipo compresor, así como también se indican las holguras de estas partes respectivamente, lo que permitirá desechar los componentes de acuerdo a su condición y dimensiones

Tabla 8. Dimensiones y Holguras recomendadas por fabricantes (pulgadas)

Cigüeñal		Pasador sujetado a la Biela - Patín					
Diámetro	Holg. Cigüeñal y Cojinete	Pasador Buje-Biela		Pasador-Patín		Patín-Guía	
		Diam	Holg.Dia	Holg.Dia	Holg.Axial	Diam	Holg.Dia
5.00	0.003	3.00	0.002	0.0005	0.071	8.00	0.007
	0.004		0.0055	0.002	0.108		0.011

2.- Verificación de nivelación de los cilindros: Verificar la nivelación de los cilindros utilizando un nivel en la parte inferior de estos. La desviación encontrada no debe ser mayor a 0.025". Para determinar esta lectura se deberá utilizar un nivel con lectura en milésima de pulgadas.

3.- Inspección de los soportes de la carcasa del compresor: Durante cada reparación general de la unidad se debe inspeccionar los soportes internos de la carcasa, ubicados a nivel del depósito de aceite del compresor a objeto de determinar cualquier discontinuidad. Para esta inspección se debe utilizar la técnica de tinte penetrante u otra técnica que detecte este tipo de falla.

4.- Inspección del Sistema de Lubricación de los cilindros: Este sistema cuenta con unos pasajes que suelen ser obstruidos por depósitos de crudo y carbón, razón por la cual durante el mantenimiento del equipos y previo a la instalación de los pistones debe verificarse que el aceite fluya desde el lubricador hasta los cilindros.

5.- Inspección de la barra de pistón: Se debe verificar la concentricidad previo a su ensamblaje y posterior a este. Para verificar la concentricidad se debe instalar la barra en un torno debidamente centrado.

6.- Inspección del pistón: Algunos pistones son de dos mitades por lo que previo al ensamblaje de esta pieza con la barra se debe verificar el contacto entre las dos mitades a fin de asegurar la hermeticidad.

7.- Instalación del anillo guía: Previo a la instalación de este aro, hay que verificar el diámetro del pistón a nivel del alojamiento del anillo y el espesor.

8.- Instalación de los anillos de presión: Previo a instalar el anillo en el pistón, se debe verificar la abertura entre los extremos del anillo, esta abertura varía de acuerdo al diámetro del pistón, utilizando la siguiente ecuación ($0,022 \times \text{diámetro del pistón}$).

9.- Ensamblaje del cigüeñal: Verificar el juego axial del cigüeñal, este debe estar entre 0,040" y 0,080". De ser menor a este valor deberá ser colocadas empaques entre las cajas de rodamientos y la carcasa del compresor.

10.- Inspección de los cojinetes: Debe verificarse que los mismos no presenten anomalías como desgaste, recalentamiento y pérdida de material.

11.- Inspección de los patines: Verificar sobre la existencia de ralladuras, desprendimiento de material de antifricción, que afectan la normal operación del patín. Una vez desmontado el patín verificar el área de contacto dejada sobre la superficie de deslizamiento del patín.

12.- Inspección de los sellos del compresor: Verificar la condición del arreglo de los sellos y de existir alguno fuera de especificaciones (roto, pérdida de resortes, deformado, picaduras, etc.) reemplazar. Esta inspección es necesaria a objeto de garantizar el contacto del sello con la barra. La barra debe tener un acabado superficial tal que no ocasione desgaste prematuro de los sellos.

13.- Inspección e instalación de los pistones: El extremo roscado del pistón debe ser protegido usando cinta adhesiva antes de iniciar la instalación. La holgura axial del pistón en el cilindro debe estar entre los 1/8" a 3/16". Una vez instalado se coloca la tapa de cilindro ajustando los pernos de sujeción.

16.- Instalación de las válvulas: Verificar que las válvulas asienten perfectamente para ellos deben estar libres de grasas, sucios, etc. De observar alguna anomalía se deberá lapear los asientos de las válvulas.

Capítulo VI

DISEÑO CONCEPTUAL DE LA HERRAMIENTA

En el presente capítulo se presenta el procedimiento para el uso de una herramienta para la medición del grado de definición del alcance de proyectos de mantenimiento a compresores reciprocantes.

La herramienta fue desarrollada en base al PDRI para Proyectos Industriales creado por el Construction Industry Institute en 1996 con el fin de establecer el grado de definición del alcance de proyectos industriales. La adaptación del PDRI para Proyectos Industriales para proyectos de mantenimiento a compresores reciprocantes, permitirá a las empresas prestadoras de este servicio aumentar la probabilidad de éxito de estos proyectos.

Justificación de la herramienta

La variedad de parámetros a tomar en cuenta durante un servicio de mantenimiento a compresores reciprocantes conlleva a que este producto sea considerado como muy complejo, por lo que surge la necesidad de crear una herramienta que permita verificar el grado de definición del alcance de este tipo de proyecto así como la planificación del mismo como una medida de calidad del proyecto.

Objetivo de la herramienta

El objetivo de la herramienta es determinar antes de la ejecución del proyecto el grado de definición del alcance de proyectos de mantenimiento a compresores reciprocantes. Con la utilización de la herramienta el equipo de proyecto podrá identificar aquellas secciones y/o elementos que presentan deficiencia en su definición, de esta manera se aumenta la probabilidad de éxito del proyecto.

Desarrollo de la herramienta

Tomando en cuenta el estudio realizado a los equipos de mantenimiento a compresores reciprocantes en referencia a las técnicas y estrategias gerenciales para las fases de definición del alcance de este tipo de proyectos, se presenta el siguiente modelo,

el cual contempla una serie de elementos para contribuir de manera metódica en un mejor desempeño de los equipos de proyectos de mantenimiento de compresores reciprocantes en las áreas de definición de alcance, procesos de planificación y control, calidad, costo, recurso humano, procura y riegos.

Estructura de la herramienta. Secciones, categorías y elementos

Utilizando el PDRI para Proyectos Industriales como base, se definieron las secciones, categorías y elementos que conforman la Herramienta de Medición del Grado de Definición del Alcance de Proyectos de Mantenimiento de Compresores Reciprocantes.

La herramienta se encuentra dividida en tres secciones principales, las cuales se dividen a su vez en categorías y elementos. La primera categoría esta conformada por cuatro secciones y veintiséis elementos. La segunda sección se divide en dos secciones y diecisiete elementos, mientras que la tercera sección esta conformada por cinco secciones diecisiete elementos. A continuación se presentan de forma detallada cada una de las categorías y elementos que conforman a cada sección.

Sección I. Bases del Proyecto

Esta sección consiste en la información necesaria para entender los objetivos del proyecto. La completación de esta sección determinara el grado en que el equipo del proyecto estará alineado con los objetivos del proyecto.

Categorías

A. Alcance del proyecto: lista general de los principales objetivos a ser considerados junto con los requerimientos del proyecto.

- A.1. Objetivos del proyecto de mantenimiento (Y/N)
- A.2. Metas y objetivos del proyecto de mantenimiento
- A.3. Requisitos del proyecto de mantenimiento
- A.4. Limites del proyecto de mantenimiento
- A.5. Criterios de aceptación
- A.6. Esquema de trabajo (Y/N)
- A.7. Estrategia del proyecto de mantenimiento (Y/N)
- A.8. Documentación de normas y soportes

A.9. Estructura desagregada de trabajo

A.10. Restricciones

B. Filosofía del mantenimiento: lista de los datos técnicos de la unidad compresora a la que se va a realizar el mantenimiento.

B.1. Características del equipo (Y/N)

B.2. Tipo de mantenimiento (Y/N)

B.3. Tiempo de parada del equipo

B.4. Accesibilidad del equipo

B.5. Accesibilidad a las instalaciones

C. Planificación y Control: planes para la medición y control en diversos aspectos del proyecto.

C.1. Aprobación del cliente (Y/N)

C.2. Plan de procura

C.3. Plan de Subcontrataciones

C.4. Plan de Costos

C.5. Plan de Riesgos

C.6. Plan desarrollo del proyecto (cronograma)

D. Actividades: definición de las actividades necesarias para realizar el proyecto, estimación de tiempos y puntos de control del proyecto.

D.1. Definición de actividades

D.2. Secuencia de actividades.

D.3. Estimación de duración de las actividades

D.4. Ruta crítica

D.5. Hitos del cronograma

Sección II. Base Técnica

Esta sección describe los aspectos técnicos (dimensiones, holguras) del equipo a intervenir durante el mantenimiento y los aspectos que deben ser evaluados para cumplir con los requerimientos del servicio.

Categorías

E. Alcance Técnico: lista de las principales actividades a ser realizadas durante el mantenimiento de compresores recíprocos. En esta categoría son verificadas las actividades de control de las partes del equipo.

- E.1. Guía de la cruceta o patín (Y/N)
- E.2. Cigüeñal (Y/N)
- E.3. Biela (Y/N)
- E.4. Cojinetes de biela (Y/N)
- E.5. Cruceta (Y/N)
- E.6. Pistones (Y/N)
- E.7. Barras de pistón (Y/N)
- E.8. Cilindros (Y/N)
- E.9. Cajas de packing
- E.10. Válvulas
- E.11. Actuadores (Y/N)
- E.12. Lubricación (Y/N)
- E.13. Botellas de pulsaciones (Y/N)
- E.14. Aceites (Y/N)

F. Calidad: incluye las actividades del equipo de proyecto relativas a la calidad de modo que el proyecto satisfaga las necesidades por las cuales se emprendió.

- F.1. Lista de verificación
- F.2. Cumplimiento de los requerimientos
- F.3. Normas de calidad

Sección III. Requerimientos e Insumos

Esta sección incluye los requerimientos y/o insumos necesarios para la ejecución del proyecto.

Categorías

G. Costo: comprende la lista de estimación de los costos asociados al proyecto y el análisis de riesgo en cuanto a los costos y contingencia.

- G.1. Estimado de costo
- G.2. Análisis de riesgo de costo y contingencia

H. Recurso Humano: identificación de los integrantes necesarios para llevar a cabo el proyecto, así como las necesidades de adiestramiento de cada uno junto con sus roles y responsabilidades.

- H.1. Equipo de trabajo
- H.2. Roles y responsabilidades
- H.3. Requerimientos de adiestramiento
- H.4. Reclutamiento del personal
- H.5. Organigrama del equipo de proyecto

I. Procura: identificación de los repuestos necesarios para la ejecución del mantenimiento, así como de los equipos y la detección de los servicios a subcontratar.

- I.1. Identificación de equipos
- I.2. Elaboración de la lista de repuestos
- I.3. Subcontrataciones

J. Riesgos: lista de identificación, causa y respuestas de los posibles riesgos del proyecto.

- J.1. Identificación de riesgos
- J.2. Causas de los riesgos
- J.3. Categorización de los riesgos
- J.4. Lista de respuestas a riesgos

K. Factores externos: identificación de las diversas reglas o regulaciones propias de la compañía ejecutante, el cliente y/o externas (ambientales).

- K.1. Programa de regulaciones internas
- K.2. Programa de regulaciones externas
- K.3. Programa de regulaciones ambientales

En las siguientes tablas se describen de cada uno de los elementos que conforman la herramienta.

Tabla 9. Descripción de los elementos de la herramienta

A. Alcance del proyecto (Puntuación máxima = 75)		
A.1.	Productos del proyecto	<i>Han sido definidos los productos del proyecto?</i> Definir los elementos entregables que comprenden el servicio de mantenimiento del compresor y los resultados secundarios, tales como informes y documentación por parte de la dirección del proyecto.
A.2.	Metas y objetivos del proyecto	<i>Han sido definidas las metas y objetivos del proyecto?</i> Las metas están relacionadas a lo que se desea alcanzar del proyecto. Los objetivos incluyen los criterios medibles de éxito del proyecto.
A.3.	• Requisitos del proyecto	<i>Cuáles son los requisitos que deben cumplir cada uno de los productos del proyecto?</i> Describir las condiciones que deben cumplir o las capacidades que deben tener los productos entregables del proyecto para satisfacer el contrato de mantenimiento, alguna norma, especificación o cualquier otro documento formalmente impuesto.
A.4.	Limites del proyecto	<i>Cuál es el alcance del proyecto?</i> Identificar que esta incluido dentro del proyecto. Establecer explícitamente qué está excluido del proyecto, de esta manera se evita suponer que un producto, servicio o resultado en particular podrían ser un componente del proyecto.
A.5.	Criterios de aceptación	<i>Cuáles son los criterios de aceptación por parte del cliente para la aprobación de los productos?</i> Definir el proceso y los criterios para que los productos completados sean aceptados por el cliente. Debe existir documentación donde se especifique claramente la aceptación del cliente de cada uno de los productos entregables del mantenimiento. Se debe mantener copia de esta documentación en los archivos de la empresa.
A.6.	Esquema de trabajo (Y/N)	<i>Fue creado el esquema de trabajo y analizado con lo integrantes del equipo de proyecto?</i> Crear, discutir y analizar el esquema de trabajo con los principales participantes del equipo de proyecto
A.7.	Estrategia del proyecto (Y/N)	<i>Ha sido definida la estrategia de mercado de la empresa con respecto a la realización del proyecto?</i> Definir la estrategia de mercado del proyecto. Debe ser identificado la dirección de enfoque del equipo en cuanto a tiempo, costo y/o calidad. Antes de realizar la oferta el equipo de proyecto debe definir la estrategia de venta ante en cliente (captación de un nuevo cliente, seguimiento a un cliente establecido).
A.8.	Documentación de normas y soportes	<i>Fue recolectada la documentación de la empresa y las normas que rigen el proyecto?</i> Recopilar la documentación de Normas de la empresa y las Normas que rigen el proyecto, esta documentación en necesaria para el inicio del proyecto.
A.9.	Estructura desagregada de trabajo	<i>Han sido desagregados los productos entregables en componentes mas pequeños?</i> División de los principales productos entregables del proyecto y el trabajo del proyecto en componentes más pequeños y fáciles de manejar.
A.10.	Restricciones	<i>Fueron identificadas y definidas en el contrato u orden de compra las restricciones del proyecto?</i> Enumerar y describir las restricciones específicas del servicio de mantenimiento asociadas con el alcance del proyecto que limitan las opciones del equipo del proyecto. Cuando un proyecto se realiza bajo un contrato, generalmente las disposiciones contractuales actuarán como restricciones. Las regulaciones están relacionadas con los puntos K.1. Programa de regulaciones internas, K.2. Programa de regulaciones externas y el K.3. Programa de regulaciones ambientales
B. Filosofía del mantenimiento (Puntuación máxima = 50)		
B.1.	Características del equipo (Y/N)	<i>Fueron definidas las características principales de la unidad compresora?</i> Listar las principales características del equipo: • Marca del compresor. • Modelo del compresor. • Número de cilindros.

		• Número de válvulas por cilindro. • Tipo de gas a comprimir. • Tipo de motor utilizado para el arranque del compresor. • RPM del motor.
B.2.	Tipo de mantenimiento (Y/N)	<i>Fue definido el tipo de mantenimiento que se va a desarrollar durante el mantenimiento?</i> Definir el tipo de mantenimiento a realizar (preventivo, correctivo). El tipo de mantenimiento determina cuales actividades deben ejecutarse durante el mantenimiento así como las partes a trabajar o reemplazar y los repuestos a suministrar.
B.3.	Tiempo de parada del equipo	<i>Se conoce el tiempo permitido de parada del equipo?</i> Definir el tiempo que el equipo puede estar fuera de operación. Antes del inicio del proyecto se define con el usuario y/o cliente el tiempo que el equipo va a estar fuera de operación. Este tiempo se debe determinar en función al tiempo de las paradas de planta y el alcance del mantenimiento. Debe existir un acuerdo entre el equipo de proyecto y el cliente para la definición del tiempo de parada.
B.4.	Accesibilidad del equipo	<i>Han sido revisados los accesos al equipo así como la facilidad de manejo de las herramientas en las áreas cercanas a la unidad compresora?</i> Determinar la accesibilidad al equipo o unidad compresora. Debe determinarse en caso de ser necesario la capacidad de uso de transporte pesado (grúas, señoritas, montacargas, etc.), así como la facilidad para la manipulación de las herramientas, armado y desarmado de la unidad compresora.
B.5.	Accesibilidad a las instalaciones	<i>Han sido revisadas los accesos a las instalaciones donde se encuentra el equipo así como la presencia de los principales servicios (agua, comida, hospedaje)?</i> Determinar la accesibilidad a las instalaciones donde se encuentra ubicado el equipo. Se deben tomar en cuenta factores como el traslado a las instalaciones del equipo de proyecto, herramientas y repuestos, capacidad de hospedaje de las zonas aledañas, suministro de alimentos y atención médica.

C. Planificación y Control (Puntuación máxima = 50)		
C.1.	Aprobación del cliente (Y/N)	<i>Han sido recibido por parte del cliente la documentación correspondiente para el inicio del proyecto de mantenimiento?</i> Recibir la aprobación vía escrita del cliente para la ejecución del mantenimiento sobre la unidad compresora. Debe existir algún documento que valide la aprobación del cliente para el inicio del proyecto (contrato, orden de compra, etc.)
C.2.	Plan de procura	<i>Fue establecido el plan de procura del proyecto?</i> Especificar la metodología de compra de los equipos y repuestos junto con sus especificaciones (códigos, materiales) así como la cantidades necesarias para la ejecución del mantenimiento. El plan de ejecución debe contemplar aspectos como: • Lista de equipos a adquirir. • Lista de repuestos a adquirir. • Lista de proveedores por equipo y/o repuesto. • Responsable de la selección de los equipos y/o repuestos. • Responsable de la elaboración de la compra de los equipos y/o repuesto. • Forma de pago del equipo y/o repuesto. El plan de procura debe quedar documentado y quedar copia en los archivos de la empresa una vez finalizado el proyecto.
C.3.	Plan de Subcontrataciones	<i>Fue establecido el plan de subcontrataciones del proyecto?</i> Especificar la metodología para la subcontratación de servicios durante la ejecución del mantenimiento. El plan de gestión de subcontratación debe incluir los siguientes aspectos:

		• Lista de servicios a subcontratar. • Responsable(s) de realizar la subcontratación. • Lista de ofertas de proveedores. • Duración de la contratación del servicio. • Forma de pago del servicio. El plan de subcontrataciones debe quedar documentado y quedar copia en los archivos de la empresa una vez finalizado el proyecto.
C.4.	Plan de Costos	<i>Fue establecido el plan de costos del proyecto?</i> Especificar la metodología de costos utilizada para el proyecto de mantenimiento. Se debe especificar el manejo de solicitudes y aprobación de cambio en la estructura de costos del proyecto. El plan de costos debe quedar documentado y quedar copia en los archivos de la empresa una vez finalizado el proyecto.
C.5.	Plan de Riesgos	<i>Fue establecido el plan de riesgos del proyecto?</i> Especificar los métodos, herramientas y fuentes de información para realizar la gestión de riesgos en el proyecto. El plan de riesgos debe quedar documentado y quedar copia en los archivos de la empresa una vez finalizado el proyecto.
C.6.	Plan desarrollo del proyecto (cronograma)	<i>Fue elaborado el cronograma de actividades con las respectivas fechas de inicio y finalización de cada actividad junto a los recursos a utilizar?</i> Elaboración del plan de desarrollo del proyecto basado en los puntos C.1, C.2, C.3, F3. Este plan recopila las fechas de inicio y finalización planificadas para las actividades del proyecto así como los recursos a utilizar por cada actividad. El plan de desarrollo del proyecto debe quedar documentado y quedar copia en los archivos de la empresa una vez finalizado el proyecto.

D. Actividades (Puntuación máxima = 75)		
D.1.	Definición de actividades	<i>Han sido definidas las actividades necesarias para la ejecución del mantenimiento?</i> Elaborar la lista de actividades del cronograma planificadas para ejecutar el mantenimiento. La lista de actividades incluye una descripción del alcance del trabajo para cada actividad del cronograma lo suficientemente detallada como para permitir que los miembros del equipo del proyecto entiendan qué trabajo deben completar.
D.2.	Secuencia de actividades.	<i>Se estableció la relación entre las actividades necesarias para el mantenimiento?</i> Identificar y documentar las relaciones lógicas entre las actividades del cronograma, definiendo las relaciones de precedencia adecuadas entre las actividades. La secuencia de las actividades están relacionadas con los elementos definidos en el punto D.1.
D.3.	Estimación de duración de las actividades	<i>Ha sido estimados los recursos necesarios por cada actividad del proyecto?</i> Realizar las estimaciones de duración para cada una de las actividades establecidas en el punto B.2. Estas estimaciones pueden incluir un rango de resultados posibles (± 2 días, ± 2 semanas, etc.).
D.4.	Ruta crítica	<i>Ha sido definida la ruta crítica de las actividades del proyecto?</i> Identificar las actividades críticas del proyecto.
D.5.	Hitos del cronograma	<i>Fueron identificados y listado los hitos del proyecto?</i> Identificar y listar los hitos del proyecto, en caso de ser necesario colocar las fechas respectivas a cada hito (estas fechas pueden tratarse como restricciones del cronograma). En la lista de hitos del cronograma se puede identificar si el hito es obligatorio (establecido en el contrato u orden de compra) u opcional (sobre la base de los requisitos del proyecto o la información histórica).

E. Alcance Técnico (Puntuación máxima = 250)		
E.1.	Guía de la cruceta o patín (Y/N)	<i>Fueron identificadas las siguientes características de la guía de la cruceta o patín?</i> • Holguras permisibles - Inspección dimensional • Estado de la guía de la cruceta para determinar daños • Tiempo estimado de reparación en base al estado de la misma
E.2.	Cigüeñal (Y/N)	<i>Fueron identificadas las siguientes características del cigüeñal?</i> • Estado de la cruceta para determinar daños • Tiempo estimado de reparación en base al estado de la misma
E.3.	Biela (Y/N)	Incluye la identificación de las siguientes características: • Estado de la cruceta para determinar daños • Tiempo estimado de reparación en base al estado del mismo
E.4.	Cojinetes de biela (Y/N)	<i>Fueron identificadas las siguientes características de los cojinetes de biela?</i> • Holguras permisibles - Inspección dimensional • Estado de la cruceta para determinar daños • Tiempo estimado de reparación en base al estado de los mismos
E.5.	Cruceta (Y/N)	<i>Fueron identificadas las siguientes características de la cruceta?</i> • Estado de la cruceta para determinar daños • Tiempo estimado de reparación en base al estado de la misma
E.6.	Pistones (Y/N)	<i>Fueron identificadas las siguientes características de los pistones?</i> • Holguras permisibles - Inspección dimensional • Identificación de los puntos muertos. • Estado de los pistones para determinar daños • Tiempo estimado de reparación en base al estado de los mismos
E.7.	Barras de pistón (Y/N)	<i>Fueron identificadas las siguientes características de la barra de pistón?</i> • Holguras permisibles (nivel de desgaste de la barra). • Estado de la barra de pistón para determinar daños • Tiempo estimado de reparación en base al estado de la misma
E.8.	Cilindros (Y/N)	<i>Fueron identificadas las siguientes características de los cilindros?</i> • Holguras permisibles. • Estado de la barra de pistón para determinar daños • Tiempo estimado de reparación en base al estado de la misma Debe quedar registro de las mediciones realizadas y ser compradas con las suministradas por el fabricante del equipo.
E.9.	Cajas de packing	<i>Fueron identificadas las siguientes características de las cajas de packing?</i> • Características de los elementos de sellos (material, tipo)

		• Cantidad de los elementos de sellos • Ubicación de los elementos de sellos • Estado de las cajas de packing para determinar daños • Tiempo estimado de reparación (incluye la existencia o no de los componentes internos en el almacén de repuestos) Debe ser elaborado el listado de partes perteneciente a cada caja de packing. Debe quedar documentación de los repuestos necesarios, cantidades y ubicación en la caja de packing.
E.10.	Válvulas	<i>Fueron identificadas las siguientes características de las válvulas?</i> • Marca y modelo • Cantidad por etapa • Tipo (succión / descarga) • Cantidad estimada de reparaciones permisibles por válvula • Estado de las válvulas para determinar daños • Determinación de los componentes internos (repuestos) • Tiempo estimado de reparación (incluye la existencia o no de los componentes internos en el almacén de repuestos) Debe ser elaborado el listado de partes para cada grupo de válvulas, clasificándolas por Etapa y Tipo. Debe quedar documentación de los repuestos necesarios con sus respectivas cantidades.
E.11.	Actuadores (Y/N)	<i>Fueron identificadas las siguientes características de las cajas de packing?</i> • Determinación de los componentes internos (repuestos) • Estado de los actuadores para determinar daños • Tiempo estimado de reparación (incluye la existencia o no de los componentes internos en el almacén de repuestos)
E.12.	Lubricación (Y/N)	<i>Fueron identificadas las siguientes características del sistema de lubricación?</i> Verificación de los niveles de presión de los aceites de lubricación
E.13.	Botellas de pulsaciones (Y/N)	<i>Fueron identificadas las siguientes características de las botellas de pulsaciones?</i> • Estado de las botellas para determinar daños
E.14.	Aceites (Y/N)	<i>Fueron identificadas las siguientes características de los aceites?</i> • Tipos de aceite (determinados por el fabricante del equipo). • Cantidad de aceites necesarios por tipo

F. Calidad (Puntuación máxima = 150)		
F.1.	Lista de verificación	<i>Fue definida la lista de verificación de las actividades del proyecto?</i> Herramienta estructurada que especifica cada componente, se utiliza para verificar que se han realizado los pasos necesarios para la ejecución del proyecto.
F.2.	Cumplimiento de los requerimientos	<i>Han sido verificados los requerimientos del proyecto?</i> El proceso contempla todos los procesos necesarios para el cumplimiento de los requerimientos.
F.3.	Normas de calidad	<i>Han sido identificadas las normas de calidad asociadas al proyecto?</i> Normas de calidad relevantes al proyecto, han sido identificadas y aceptadas por los involucrados en el proyecto.

G. Costo (Puntuación máxima = 70)		
G.1.	Estimado de costo	<i>Fue realizado el estimado de costos del proyecto?</i> Desarrollar una estimación de los costos de los recursos necesarios para completar las actividades del proyecto. El estimado de costo debe ser desarrollado y formalmente aprobado por las personas autorizadas. La estimación de costos debe considerar las posibles causas de variación en los costos, incluyendo entre otros, la mano de obra, materiales, equipos, servicios, instalaciones así como los riesgos del proyecto. El estimado deberá estar totalmente documentado, ser trazable y estar soportado por toda la información de respaldo necesaria.
G.2.	Análisis de riesgo de costo y contingencia	<i>Fue elaborado el análisis de riesgo del proyecto y definido el monto de contingencia para estos?</i> Elaborar un análisis de riesgo de costos y definir una monto de contingencia en función de los riesgos. El análisis de riesgos en los costos deberá ser ejecutado y desarrollado por el equipo de proyecto en base a la experiencia de proyectos anteriores y situación actual de la empresa. Las asunciones, mediciones y metodología utilizada en el análisis de costo deben ser explicadas. Los costos de mitigación de riesgo también deberán ser incluidos en la estimación de costos.
H. Recurso Humano (Puntuación máxima = 90)		
H.1.	Equipo de trabajo	<i>Ha sido definido los integrantes para el equipo de proyecto?</i> Definir el número de integrantes y características del personal que conformara el equipo de mantenimiento. La definición de los integrantes del equipo debe realizar en una etapa temprana de las fases del proyecto. El equipo de proyecto debe estar conformado por una cantidad suficiente de gerentes de proyectos, supervisores, técnicos, obreros, los cuales deben estar debidamente calificados para completar los objetivos del proyecto.
H.2.	Roles y responsabilidades	<i>Ha sido definidas y comunicadas los roles y responsabilidades de cada integrante del equipo de proyecto?</i> Definir los roles, autoridades, responsabilidades y competencias de cada uno de los integrantes del mantenimiento. La definición de los roles y responsabilidades de cada integrante del equipo de proyecto debe ser documentada y comunicada a cada integrantes en las primeras fases del desarrollo del proyecto.
H.3.	Requerimientos de adiestramiento	<i>Han sido identificadas las necesidades de adiestramiento del personal que va a llevar a cabo la ejecucion del proyecto?</i> Definir las necesidades de adiestramiento del personal. Definir los cursos y fechas para cada integrante.
H.4.	Reclutamiento del personal	<i>Ha sido definido el personal necesario a reclutar?</i> Definir el personal que es neceseario a reclutar para completar el equipo del proyecto que va a ejecutar el mantenimeinto. El personal a reclutar debe estar calificado para cumplir adecuadamente con las actividades a ejecutar para así cumplir con los requerimientos del proyecto.
H.5.	Organigrama del equipo de proyecto	<i>Ha sido establecida la organización del equipo de proyecto?</i> Definir y aprobar por las personas autorizadas la organización del equipo de proyecto. Se presentan los niveles de jerarquización de cada integrante
I. Procura (Puntuación máxima = 90)		
I.1.	Identificación de equipos	<i>Han sido identificadas las herramientas necesarias para la ejecución del proyecto de mantenimiento?</i> Identificar los equipos y herramientas consideradas para la ejecución del mantenimiento. La falta de estos equipos pueden retrasar el tiempo de ejecución del proyecto. Se deben especificar los posibles proveedores.

I.2.	Elaboración de la lista de repuestos	<i>Fueron identificados los repuestos a sustituir en la unidad compresora?</i> Listar los repuestos a sustituir en las unidades compresoras. La falta de estos repuestos retrasaría la finalización del proyecto así como la calidad del mismo. Se deben especificar los posibles proveedores. Los repuestos serán identificados en base al manual del compresor, lista de partes recomendadas por el fabricante del equipo
I.3.	Subcontrataciones	<i>Fueron identificados los servicios que son necesarios subcontratar?</i> Listar los servicios a subcontratar mediante un plan de subcontrataciones. El plan debe incluir aspectos como: • Tipo de servicio. • Responsable de realizar la contratación. • Ofertas de proveedores. • Duración de la contratación del servicio. • Forma de pago del servicio.

J. Riesgos (Puntuación máxima = 70)		
J.1.	Identificación de riesgos	<i>Han sido identificados los riesgos del proyecto?</i> Realizar una identificación de los riesgos asociados al mantenimiento así como las posibles causas que la ocasionan. El equipo completo de proyectos debe participar en la identificación de los riesgos o por lo menos un integrante de cada una de las áreas del proyecto. Debe quedar documentación del proceso de identificación de riesgos (Lista de riesgos identificados).
J.2.	Causas de los riesgos	<i>Han sido identificadas las causas de los posibles riesgos del proyecto?</i> Identificar las posibles causas de ocurrencia de los riesgos identificados en el punto I.2. El equipo completo de proyectos debe participar en la identificación de las causas de los riesgos o por lo menos un integrante de cada una de las áreas del proyecto. Debe quedar documentación del proceso de identificación de las causas de los riesgos.
J.3.	Categorización de los riesgos	<i>Fueron jerarquizados los riesgos del proyecto en base a su nivel de impacto en el mismo?</i> Jerarquizar los riesgos identificados en el punto I.1. En caso de ser necesario el equipo de proyecto establece niveles de importancia para cada riesgo identificado a fin de priorizar las actividades de respuesta a los riesgos. El equipo completo de proyectos debe participar en la identificación de las causas de los riesgos o por lo menos un integrante de cada una de las áreas del proyecto. Debe quedar documentación del proceso de categorización de los riesgos.
J.4.	Lista de respuestas a riesgos	<i>Fueron establecidas las respuestas a cada uno de los posibles riesgos del proyecto?</i> Desarrollar opciones y acciones para mejorar las oportunidades y reducir las amenazas a los objetivos del proyecto. Debe quedar documentado las actividades a realizar ante la presencia de los riesgos identificados en el punto I.1.

K. Factores externos (Puntuación máxima = 30)		
K.1.	Programa de regulaciones internas	<i>Cuáles son las regulaciones internas del proyecto?</i> Establecer el programa de regulaciones internas del proyecto de mantenimiento. Se deben listar los permisos y licencias establecidas por el cliente, así como las medias a tomar para la obtención de estos requisitos. Todos los permisos, licencias, aprobaciones necesarias deberán ser identificadas y obtenidas cuando sea necesario para la continuación del proyecto en el cronograma.

K.2.	Programa de regulaciones externas	<i>Cuáles son las regulaciones externas del proyecto?</i> Establecer el programa de regulaciones externas al proyecto de mantenimiento. Se deben listar los permisos y licencias establecidas por entes externos al proyecto, así como las medias a tomar para la obtención de estos requisitos. Todos los permisos, licencias, aprobaciones necesarias deberán ser identificadas y obtenidas cuando sea necesario para la continuación del proyecto en el cronograma.
K.3.	Programa de regulaciones ambientales	<i>Cuáles son las regulaciones ambientales del proyecto?</i> Establecer el programa de regulaciones ambientales pertenecientes al proyecto de mantenimiento. Se deben listar las regulaciones referentes al manejo de residuos propios del proyecto, así como las medias a tomar para esta actividad. Todos los permisos, licencias, aprobaciones necesarias deberán ser identificadas y obtenidas cuando sea necesario para la continuación del proyecto en el cronograma.

En la siguiente tabla se describen los requisitos para determinar la valoración de cada elemento. Esta tabla permite obtener un resultado objetivo al momento de realizar esta valoración.

Tabla 10. Descripción de los elementos de la herramienta

		1	2	3	4	5
A. Alcance del proyecto (Puntuación máxima = 75)						
A.1.	Productos del proyecto	• Enunciado del alcance del proyecto • Estructura desagregada de trabajo totalmente definida (EDT) • Plan de gestión del proyecto • Plan de control de cambios	• Enunciado del alcance del proyecto • Estructura desagregada de trabajo totalmente definida (EDT) • Plan de gestión del proyecto	• Enunciado del alcance del proyecto • Estructura desagregada de trabajo totalmente definida (EDT)	• Enunciado del alcance del proyecto	•
A.2.	Metas y objetivos del proyecto	• Metas del proyecto definidas • Metas de los integrantes del equipo de proyecto definidas • Controles de calidad definidos • Metas de seguridad definidas	• Metas del proyecto definidas • Controles de calidad definidos • Metas de seguridad definidas	• Metas del proyecto definidas • Controles de calidad definidos	• Metas del proyecto definidas	•
A.3.	• Requisitos del proyecto	• Enunciado del alcance del proyecto • Descripción del alcance del proyecto • Requisitos del proyecto • Productos entregables del proyecto • Metas del proyecto definidas • Controles de calidad definidos • Metas de seguridad definidas	• Enunciado del alcance del proyecto • Descripción del alcance del proyecto • Requisitos del proyecto • Productos entregables del proyecto • Metas del proyecto definidas • Controles de calidad definidos • Metas de seguridad definidas	• Metas del proyecto definidas • Controles de calidad definidos • Enunciado del alcance del proyecto • Descripción del alcance del proyecto • Productos entregables del proyecto	• • Metas del proyecto definidas • Enunciado del alcance del proyecto • Descripción del alcance del proyecto	•

A.4.	Límites del proyecto	• Asunciones del proyecto • Enunciado del alcance del proyecto • Descripción del alcance del proyecto • Requisitos del proyecto • Productos entregables del proyecto • Asunciones del proyecto	• Enunciado del alcance del proyecto • Descripción del alcance del proyecto • Requisitos del proyecto • Productos entregables del proyecto	• Enunciado del alcance del proyecto • Descripción del alcance del proyecto • Productos entregables del proyecto	• Enunciado del alcance del proyecto • Descripción del alcance del proyecto	•
A.5.	Criterios de aceptación	• Criterios de aceptación del parte del cliente definidos • Documentación de respaldo recibida por parte del cliente • Reconocimiento de la aceptación del interesado de los productos entregables • Plan de control de cambios	• Criterios de aceptación del parte del cliente definidos • Documentación de respaldo recibida por parte del cliente • Reconocimiento de la aceptación del interesado de los productos entregables	• Criterios de aceptación del parte del cliente definidos • Documentación de respaldo recibida por parte del cliente	• Criterios de aceptación del parte del cliente definidos	•
A.6.	Esquema de trabajo (Y/N)	• Estructura desagregada de trabajo	•	•	•	•
A.7.	Estrategia del proyecto (Y/N)	• Estrategia de mercado de la empresa ante el proyecto	•	•	•	•
A.8.	Documentación de normas y soportes	• Normas que rigen el proyecto (ambientales, seguridad, etc.) • Documentación de respaldo recibida por parte del cliente • Reconocimiento de la aceptación del interesado de los productos entregables • Plan de control de cambios	• Normas que rigen el proyecto (ambientales, seguridad, etc.) • Documentación de respaldo recibida por parte del cliente • Reconocimiento de la aceptación del interesado de los productos entregables	• Normas que rigen el proyecto (ambientales, seguridad, etc.) • Documentación de respaldo recibida por parte del cliente	• Normas que rigen el proyecto (ambientales, seguridad, etc.)	•
A.9.	Estructura desagregada de trabajo	• Estructura desagregada de trabajo totalmente definida (EDT) • Diccionario de la EDT	• Estructura desagregada de trabajo totalmente definida (EDT)	• Estructura desagregada de trabajo parcialmente definida (EDT)	• Borrador de la estructura desagregada de trabajo definida (EDT)	•
A.10.	Restricciones	• Enunciado del alcance del proyecto • Tipo de mantenimiento definido (preventivo, correctivo) • Definida la ubicación del equipo dentro de la planta • Definido la accesibilidad a la planta (vías de transporte) • Tipo de mantenimiento definido (preventivo, correctivo)	• Enunciado del alcance del proyecto • Tipo de mantenimiento definido (preventivo, correctivo) • Definida la ubicación del equipo dentro de la planta • Definido la accesibilidad a la planta (vías de transporte)	• Enunciado del alcance del proyecto • Tipo de mantenimiento definido (preventivo, correctivo)	• Enunciado del alcance del proyecto	•
B. Filosofía del mantenimiento (Puntuación máxima = 50)						
B.1.	Características del equipo (Y/N)	• Definidas las siguientes características del equipo: Marca del compresor.	•	•	•	•

		Modelo del compresor. Número de cilindros. Número de válvulas por cilindro. Tipo de gas a comprimir. Tipo de motor utilizado para el arranque del compresor. RPM del motor.				
B.2.	Tipo de mantenimiento (Y/N)	• Tipo de mantenimiento definido (preventivo, correctivo)	•	•	•	•
B.3.	Tiempo de parada del equipo	• Tiempo de parada definido junto con el usuario y establecido en el alcance del proyecto • Definida la ubicación del equipo dentro de la planta • Definida la accesibilidad al equipo	• Tiempo de parada definido junto con el usuario y establecido en el alcance del proyecto • Definida la ubicación del equipo dentro de la planta	• Tiempo de parada definido junto con el usuario y establecido en el alcance del proyecto	•	•
B.4.	Accesibilidad del equipo	• Definida la ubicación del equipo dentro de la planta • Definida la accesibilidad al equipo • Definida la facilidad para el manejo de las herramientas • Definida la necesidad y disponibilidad de equipo pesado	• Definida la ubicación del equipo dentro de la planta • Definida la accesibilidad al equipo • Definida la facilidad para el manejo de las herramientas	• Definida la ubicación del equipo dentro de la planta • Definida la accesibilidad al equipo	• Definida la ubicación del equipo dentro de la planta	•
B.5.	Accesibilidad a las instalaciones	• Definido la accesibilidad a la planta (vías de transporte) • Definido el suministro de los servicios básicos (agua, luz) • Definido el hospedaje para el equipo de proyecto • Definido la capacidad de servicio médico • Definido la capacidad de comunicación de la planta (teléfono)	• Definido la accesibilidad a la planta (vías de transporte) • Definido el suministro de los servicios básicos (agua, luz) • Definido el hospedaje para el equipo de proyecto • Definido la capacidad de servicio médico	• Definido la accesibilidad a la planta (vías de transporte) • Definido el suministro de los servicios básicos (agua, luz) • Definido el hospedaje para el equipo de proyecto	• Definido la accesibilidad a la planta (vías de transporte) • Definido el hospedaje para el equipo de proyecto	•

C. Planificación y Control (Puntuación máxima = 50)						
C.1.	Aprobación del cliente (Y/N)	• Recibida la documentación por parte del cliente para el inicio del proyecto	•	•	•	
C.2.	Plan de procura	• Plan de procura del proyecto establecido con los siguientes parámetros: Lista de equipos a adquirir. Lista de repuestos a adquirir.	• Plan de procura del proyecto establecido con los siguientes parámetros: Lista de equipos a adquirir. Lista de repuestos a adquirir.	• Plan de procura del proyecto establecido con los siguientes parámetros: Lista de equipos a adquirir. Lista de repuestos a adquirir.	• Plan de procura del proyecto establecido con los siguientes parámetros: Lista de equipos a adquirir. Lista de repuestos a adquirir.	•

		Lista de proveedores por equipo y/o repuesto. Responsable de la selección de los equipos y/o repuestos. Responsable de la elaboración de la compra de los equipos y/o repuesto. Forma de pago del equipo y/o repuesto.	Lista de proveedores por equipo y/o repuesto. Responsable de la selección de los equipos y/o repuestos. Responsable de la elaboración de la compra de los equipos y/o repuesto.	Lista de proveedores por equipo y/o repuesto.		
C.3.	Plan de Subcontrataciones	- Plan de subcontrataciones establecido con los siguientes parámetros: Lista de servicios a subcontratar. - Responsables) de realizar la subcontratación. - Lista de ofertas de proveedores. Duración de la contratación del servicio. Forma de pago del servicio.	- Plan de subcontrataciones establecido con los siguientes parámetros: Lista de servicios a subcontratar. - Responsables) de realizar la subcontratación. - Lista de ofertas de proveedores. Duración de la contratación del servicio.	- Plan de subcontrataciones establecido con los siguientes parámetros: Lista de servicios a subcontratar. - Responsables) de realizar la subcontratación. - Duración de la contratación del servicio.	- Plan de subcontrataciones establecido con los siguientes parámetros: Lista de servicios a subcontratar. - Duración de la contratación del servicio.	•
C.4.	Plan de Costos	- Plan de costes establecido con los siguientes parámetros: Estimación de costes por actividad - Línea base de coste - Sistema de control de cambio de coste - Análisis de medición del rendimiento	- Plan de costes establecido con los siguientes parámetros: Estimación de costes por actividad - Línea base de coste - Sistema de control de cambio de coste	- Plan de costes establecido con los siguientes parámetros: Estimación de costes por actividad - Línea base de coste	Plan de costes establecido con los siguientes parámetros: Estimación de costes por actividad	•
C.5.	Plan de Riesgos	- Plan de riesgos establecido con los siguientes parámetros: Metodología - Roles y responsabilidades - Preparación del presupuesto - Periodicidad - Categorías del riesgo - Matriz de probabilidad de impacto	- Plan de riesgos establecido con los siguientes parámetros: Metodología - Roles y responsabilidades - Preparación del presupuesto - Periodicidad - Categorías del riesgo	- Plan de riesgos establecido con los siguientes parámetros: Metodología - Roles y responsabilidades - Preparación del presupuesto	- Plan de riesgos establecido con los siguientes parámetros: Metodología - Roles y responsabilidades	•
C.6.	Plan de desarrollo del proyecto (cronograma)	- Cronograma del proyecto - Datos del modelo del cronograma - Línea base del cronograma - Requisitos de recursos	- Fecha de inicio y finalización de cada actividad - Datos del modelo del cronograma - Línea base del cronograma	- Fecha de inicio y finalización de cada actividad - Datos del modelo del cronograma	Fecha de inicio y finalización de cada actividad	•

D. Actividades (Puntuación máxima = 75)						
D.1.	Definición de actividades	• Lista de actividades • Descripción del alcance de cada actividad • Lista de hitos • Cronograma del proyecto • Datos del modelo del cronograma	• Lista de actividades • Descripción del alcance de cada actividad • Lista de hitos • Cronograma del proyecto	• Lista de actividades • Descripción del alcance de cada actividad • Cronograma del proyecto	• Lista de actividades • Descripción del alcance de cada actividad	•
D.2.	Secuencia de actividades.	• Lista de actividades • Cronograma del proyecto • Diagrama de red del cronograma del proyecto	• Lista de actividades • Cronograma del proyecto	• Lista de actividades	• Lista de actividades	•
D.3.	Estimación de duración de las actividades	• Lista de actividades • Requisitos de recursos de las actividades • Estructura de desglose de recursos • Calendario de recursos	• Lista de actividades • Requisitos de recursos de las actividades • Estructura de desglose de recursos	• Lista de actividades • Requisitos de recursos de las actividades	• Lista de actividades	•
D.4.	Ruta crítica	• Ruta crítica del proyecto definida	•	•	•	•
D.5.	Hitos del cronograma	• Lista de actividades • Cronograma del proyecto • Lista de hitos identificados • Identificado la prioridad de los hitos	• Lista de actividades • Cronograma del proyecto • Lista de hitos identificados	• Lista de actividades • Cronograma del proyecto	• Lista de actividades	•

E. Alcance Técnico (Puntuación máxima = 250)						
E.1.	Guía de la cruceta o patín (Y/N)	• Inspección dimensional realizada • Holgueras determinadas • Tiempo de reparación estimado	•	•	•	
E.2.	Cigüeñal (Y/N)	• Estado verificado • Tiempo de reparación estimado	•	•	•	
E.3.	Biela (Y/N)	• Estado verificado • Tiempo de reparación estimado	•	•	•	
E.4.	Cojinetes de biela (Y/N)	• Holgueras determinadas • Estado verificado • Tiempo de reparación estimado	•	•	•	
E.5.	Cruceta (Y/N)	• Estado verificado • Tiempo de reparación estimado	•	•	•	
E.6.	Pistones (Y/N)	• Holgueras determinadas • Puntos muertos identificados	•	•	•	

		• Estado verificado • Tiempo de reparación estimado				
E.7.	Barras de pistón (Y/N)	• Holgueras determinadas • Estado verificado • Tiempo de reparación estimado	•	•	•	
E.8.	Cilindros (Y/N)	• Holgueras determinadas • Estado verificado • Tiempo de reparación estimado	•	•	•	
E.9.	Cajas de packing	• Identificados los elementos con sus características • Cantidades determinadas por tipo • Ubicación de los elementos determinadas • Estado verificado • Tiempo de reparación estimado	• Identificados los elementos con sus características • Cantidades determinadas por tipo • Ubicación de los elementos determinadas • Estado verificado	• Identificados los elementos con sus características • Cantidades determinadas por tipo	• Cantidades determinadas por tipo	
E.10.	Válvulas	• Marca y modelo de válvulas determinadas • Cantidad de válvulas por etapas determinadas • Tipos de válvulas determinadas • Vida útil de la válvula determinada • Estado verificado • Componentes internos determinados • Tiempo de reparación estimado	• Marca y modelo de válvulas determinadas • Cantidad de válvulas por etapas determinadas • Tipos de válvulas determinadas • Estado verificado • Componentes internos determinados	• Marca y modelo de válvulas determinadas • Cantidad de válvulas por etapas determinadas • Tipos de válvulas determinadas	• Cantidad de válvulas por etapas determinadas • Tipos de válvulas determinadas	
E.11.	Actuadores (Y/N)	• Componentes internos determinados • Estado verificado • Tiempo de reparación estimado	•	•	•	
E.12.	Lubricación (Y/N)	• Niveles de lubricación verificados	•	•	•	
E.13.	Botellas de pulsaciones (Y/N)	• Estado verificado	•	•	•	
E.14.	Aceites (Y/N)	• Tipos de aceites determinados • Cantidad de aceites determinados	•	•	•	

F. Calidad (Puntuación máxima = 150)						
F.1.	Lista de	• Lista de control de calidad	• Lista de control de calidad	• Lista de control de calidad	• Lista de control de calidad	•

	verificación	• Línea base de calidad • Plan de gestión del proyecto • Enunciado del alcance del proyecto • Descripción del alcance del proyecto	• Línea base de calidad • Enunciado del alcance del proyecto	• Línea base de calidad		
F.2.	Cumplimiento de los requerimientos	• Lista de control de calidad • Línea base de calidad • Acciones preventivas recomendadas • Plan de gestión del proyecto	• Lista de control de calidad • Línea base de calidad • Acciones preventivas recomendadas	• Lista de control de calidad • Línea base de calidad	• Lista de control de calidad	•
F.3.	Normas de calidad	• Lista de control de calidad • Normas de calidad asociadas al proyecto • Plan de gestión del proyecto • Enunciado del alcance del proyecto • Descripción del alcance del proyecto	• Lista de control de calidad • Normas de calidad asociadas al proyecto • Enunciado del alcance del proyecto • Descripción del alcance del proyecto	• Lista de control de calidad • Normas de calidad asociadas al proyecto • Enunciado del alcance del proyecto	• Lista de control de calidad • Normas de calidad asociadas al proyecto	•

G. Costo (Puntuación máxima = 70)

G.1.	Estimado de costo	• Plan de costes establecido (punto C.4) • Estimado de costes establecido • Estimado de costes aprobado	• Estimado de costes establecido • Estimado de costes aprobado	• Estimado de costes establecido	• Borrador del estimado de costes	•
G.2.	Análisis de riesgo de costo y contingencia	• Plan de costes establecido (punto C.4) • Plan de análisis de riesgo de costes • Monto de contingencia establecido • Monto de contingencia aprobado	• Plan de análisis de riesgo de costes • Monto de contingencia establecido • Monto de contingencia aprobado	• Plan de análisis de riesgo de costes • Monto de contingencia establecido	• Plan de análisis de riesgo de costes	•

H. Recurso Humano (Puntuación máxima = 90)

H.1.	Equipo de trabajo	• Definido la cantidad necesaria de integrantes del equipo de proyectos • Organigrama del proyecto • Perfiles de los integrantes del proyecto • Roles y responsabilidad del equipo de proyecto definidas	• Definido la cantidad necesaria de integrantes del equipo de proyectos • Organigrama del proyecto • Perfiles de los integrantes del proyecto	• Definido la cantidad necesaria de integrantes del equipo de proyectos • Organigrama del proyecto	• Definido la cantidad necesaria de integrantes del equipo de proyectos	•
H.2.	Roles y responsabilidad	• Definido la cantidad necesaria de integrantes del equipo de proyectos	• Definido la cantidad necesaria de integrantes del equipo de proyectos	• Definido la cantidad necesaria de integrantes del equipo de proyectos	• Definido la cantidad necesaria de integrantes del equipo de proyectos	•

	des	• Roles y responsabilidad del equipo de proyecto aprobadas • Organigrama del proyecto	• Borrador de los roles y responsabilidad del equipo de proyecto • Organigrama del proyecto	• Organigrama del proyecto		
H.3.	Requerimientos de adiestramiento	• Definido la cantidad necesaria de integrantes del equipo de proyectos • Definidas las competencias necesarias de cada integrante • Recolectados los perfiles de los integrantes del proyecto • Plan de adiestramiento del personal	• Plan de adiestramiento del personal • Definido la cantidad necesaria de integrantes del equipo de proyectos • Definidas las competencias necesarias de cada integrante	• Plan de adiestramiento del personal • Definido la cantidad necesaria de integrantes del equipo de proyectos	• Plan de adiestramiento del personal	•
H.4.	Reclutamiento del personal	• Organigrama del proyecto • Plan de costes establecido (punto C.4) • Perfiles de los integrantes del proyecto	• Organigrama del proyecto • Perfiles de los integrantes del proyecto	• Organigrama del proyecto		•
H.5.	Organigrama del equipo de proyecto	• Organigrama del proyecto • Aprobado el equipo de proyecto • Perfiles de los integrantes del proyecto	• Organigrama del proyecto • Equipo de proyecto por aprobación • Perfiles de los integrantes del proyecto	• Organigrama del proyecto • Equipo de proyecto por aprobación	• Organigrama del proyecto	•

I. Procura (Puntuación máxima = 90)						
I.1.	Identificación de equipos	• Plan de costes establecido (punto C.4) • Plan de procura • Adquiridos los equipos necesarios	• Plan de costes establecido (punto C.4) • Plan de procura	• Plan de costes establecido (punto C.4)		•
I.2.	Elaboración de la lista de repuestos	• Plan de costes establecido (punto C.4) • Plan de procura • Adquiridos los repuestos necesarios	• Plan de costes establecido (punto C.4) • Plan de procura	• Plan de costes establecido (punto C.4)	•	•
I.3.	Subcontrataciones	• Plan de subcontrataciones con los siguientes parámetros: • Tipo de servicio. • Responsable de realizar la contratación. • Ofertas de proveedores. • Duración de la contratación del servicio. • Forma de pago del servicio.	• Plan de subcontrataciones con los siguientes parámetros: • Tipo de servicio. • Duración de la contratación del servicio. • Forma de pago del servicio.	• Plan de subcontrataciones con los siguientes parámetros: • Tipo de servicio. • Duración de la contratación del servicio. • Forma de pago del servicio.	• Plan de subcontrataciones con los siguientes parámetros: • Tipo de servicio.	•

J. Riesgos (Puntuación máxima = 70)						
J.1.	Identificación de riesgos	• Riesgos del proyecto identificados	•	•	•	•
J.2.	Causas de los riesgos	• Identificadas las posibles causas de los riesgos del proyecto	•	•	•	•
J.3.	Categorización de los riesgos	• Jerarquizados los riesgos del proyectos según su nivel de impacto	•	•	•	•
J.4.	Lista de respuestas a riesgos	• Establecidas las respuestas a cada una de los riesgos	•	•	•	•

K. Factores externos (Puntuación máxima = 30)						
K.1.	Programa de regulaciones internas	• Enunciado del alcance del proyecto • Sistema de seguridad industrial establecido y aprobado • Permiso por parte del usuario para el inicio del trabajo	• Enunciado del alcance del proyecto • Sistema de seguridad industrial establecido • Permiso por parte del usuario para el inicio del trabajo	• Enunciado del alcance del proyecto • Sistema de seguridad industrial establecido	• Enunciado del alcance del proyecto	•
K.2.	Programa de regulaciones externas	• Enunciado del alcance del proyecto • Permisos legales obtenidos para el inicio del proyecto	• Enunciado del alcance del proyecto • Permisos legales en proceso para el inicio del proyecto	• Enunciado del alcance del proyecto • Definidos los permisos legales para el inicio del proyecto	• Enunciado del alcance del proyecto	•
K.3.	Programa de regulaciones ambientales	• Enunciado del alcance del proyecto • Permisos ambientales obtenidos para el inicio del proyecto	• Enunciado del alcance del proyecto • Permisos ambientales en proceso para el inicio del proyecto	• Enunciado del alcance del proyecto • Definidos los permisos ambientales para el inicio del proyecto	• Enunciado del alcance del proyecto	•

Jerarquización de las secciones, categorías y elementos

La jerarquización de las secciones, categorías y elementos mostrados en el punto anterior es uno de los puntos clave para en la elaboración de la herramienta. Existen elementos preponderantes sobre otros elementos de la misma categoría, así como categorías predominantes sobre la misma sección, lo que ocasiona que el impacto que estos puedan tener en la definición del alcance del proyecto sea mayor que otros.

A fin de establecer la jerarquización de estos grupos se procedió con la consulta a expertos en la materia de definición de alcance de proyectos, así como profesionales, usuarios y/o operarios de compresores reciprocantes, a fin de establecer en manera conjunta los pesos correspondientes. El peso asignado a cada una de las secciones es el siguiente:

Tabla 11. Ponderación de las secciones de la herramienta

Descripción secciones		Valor
Sección I.	Bases del Proyecto	250
Sección II.	Base Técnica	400
Sección III.	Requerimientos e Insumos	350

Fuente: Elaboración propia

Manejo de la herramienta

Para el uso de la herramienta el equipo de proyecto encargado de realizar el mantenimiento a la unidad compresora debe seguir los siguientes pasos:

1. Leer la descripción para cada elemento. Algunos elementos contienen una lista de ítems que deben ser considerados al momento de la valoración del elemento. El claro entendimiento e interpretación adecuada de cada elemento de la herramienta es esencial para obtener la puntuación correcta durante la valoración. Para obtener un resultado objetivo de la valoración de los elementos, se cuenta con la tabla 8 que permite identificar el valor a asignar de acuerdo a la información que disponga el equipo de proyecto.
2. Recolectar toda la información necesaria para la correcta evaluación y selección del nivel de definición de cada elemento en la categoría.

3. Seleccionar el nivel de definición para cada elemento. Aquellos elementos que se encuentran fuera del alcance del proyecto recibirán un valor de cero puntos asignándolos en la casilla de N/A (no aplica).
4. Verificar el puntaje arrojado por la herramienta.
5. Analizar el resultado (puntaje) obtenido con el uso de la herramienta.

Escala de definición de los elementos

Para el uso de la herramienta cada uno de los integrantes del equipo de proyecto debe conocer y entender perfectamente cada uno de los elementos que conforman la herramienta.

Los elementos que están completamente definidos recibirán un nivel de definición de uno (1), mientras que aquellos elementos que no han sido definidos reciben un nivel de definición de cinco (5). Todos los otros elementos deben recibir un puntaje de dos (2), tres (3) o cuatro (4) dependiendo de su nivel de definición. Aquellos elementos considerados como no aplicables (N/A) en el proyecto recibirán un valor de cero (0).

La escala utilizada para la valoración de los elementos en base al porcentaje de definición que estos presenten al momento de la evaluación es la siguiente:

Tabla 12. *Escala para la valoración de los elementos*

Nivel de Definición	Porcentaje de definición	Definición
0	No Aplica	No Aplica
1	96% - 100%	Información detallada completamente definida
2	81% - 95%	Información detallada definida
3	51% - 80%	Información básica sustancialmente definida
4	21% - 50%	Información básica definida
5	1% - 20%	Información básica no definida

Fuente: Elaboración propia

Para facilitar la asignación de los valores de los elementos, el equipo de proyecto debe hacer uso de la tabla 8 la cual especifica el puntaje que se debe asignar a cada elemento en base a la información disponible o recolectada al momento de realizar la evaluación del proyecto.

Algunos elementos pueden ser evaluados con un simple SI o NO, indicando que estos pueden existir o no durante la definición del alcance del proyecto. Para estos casos un valor de Si corresponde a un nivel de definición de uno (1), mientras que un valor de NO corresponde a un nivel de definición de cinco (5).

Resultados obtenidos

El resultado global obtenido en el uso de la herramienta permite definir que tan bien ha sido definido el alcance del proyecto. Una baja puntuación obtenida representa que el alcance del proyecto ha sido bien definido, correspondiendo a una alta probabilidad de éxito en la ejecución del proyecto. Una alta puntuación significa que ciertos elementos carecen de una identificación adecuada.

El máximo valor que se puede llegar a obtener es de 1000 puntos, lo que corresponde para proyectos con un bajo nivel de definición por lo que a medida que la puntuación sea menor mejor serán los resultados del proyecto.

Se considera que los proyectos que obtengan una puntuación menor o igual a 200 se consideran que tienen una adecuada definición del alcance del mismo y una alta probabilidad de éxito, mientras que aquellos que superen este puntaje deberán ser revisados por equipo de proyecto y verificar la documentación y/o información faltante.

Adicionalmente la herramienta ha sido configurada para representar gráficamente los valores obtenidos por el equipo de proyecto durante la definición del nivel del alcance del proyecto. Los gráficos arrojados por la herramienta son los siguientes:

1. Grado PDRI
2. Alcance del proyecto
3. Planificación y control
4. Actividades
5. Alcance técnico
6. Calidad Costo
7. Recurso humano

Capítulo VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

En el trabajo de investigación presentado se desarrolló una metodología de trabajo para la medición del grado de definición de proyectos de mantenimiento de compresores reciprocantes.

En el curso de la investigación se pudo comprobar la existencia de algunos procedimientos para la definición del alcance de diversos proyectos, todos basados en la metodología desarrollada por Construction Industry Institute y correspondientes al Project Definition Rating Index y que sirvieron de guía para el desarrollo de este procedimiento.

Estas investigaciones permiten de una manera rápida y sencilla una predicción de los factores que impactarán los riesgos del proyecto en los cuales son aplicados. También se pueden utilizar como una lista de verificación que el equipo de proyecto puede usar para determinar los pasos necesarios para definir el alcance de los proyectos.

En el caso de la investigación, el procedimiento creado proporciona al equipo de proyecto una metodología para la verificación del alcance de los proyectos de mantenimiento a compresores reciprocantes así como información sobre las secciones, categorías o elementos que deben ser mejoradas antes de iniciar el proyecto. De igual manera, este procedimiento es aplicable para diversos proyectos de mantenimientos de compresores reciprocantes sin importar su capacidad de compresión, aunque se recomienda ser utilizados en compresores cuya capacidad supere las dos etapas de compresión, debido a que una cantidad inferior no abarca tantos parámetros de medición.

En general, la investigación constituye un aporte para los Gerentes de Proyecto y equipos de proyectos encargados del mantenimiento a compresores reciprocantes la posibilidad de verificar si el alcance de los proyectos han sido adecuadamente definidos.

Recomendaciones

En función de los resultados que derivaron las conclusiones establecidas en el punto anterior, se establecen las siguientes recomendaciones:

- Para los equipos de proyecto se recomienda hacer uso de herramientas como el PDRI a fin de aumentar las probabilidades de éxito en los proyectos.
- Se recomienda a la empresa encargada de realizar el mantenimiento, el usar la herramienta antes de dar inicio al proyecto e incluso antes de presentar la oferta al cliente a fin de verificar que fueron tomado en cuenta todos los aspectos involucrados al mantenimiento.
- A los dueños y operarios de los equipos compresores se recomienda tener como primera clave hacia un buen mantenimiento una estrecha cooperación entre los departamentos mantenimiento y operaciones, debido a que la mayoría de los problemas se pueden detectar revisando continuamente los equipos lo que facilitaría las paradas programadas para el mantenimiento del equipo.
- Para este caso se recomienda elaborar una base de datos de los proyectos desarrollados usando el PDRI. De esta manera el equipo de proyecto puede establecer su propia base para definir el valor asignado a cada elemento e ir mejorando el uso de la herramienta. Utilizando de esta manera el PDRI se mejora el funcionamiento de los proyectos de mantenimiento.

BIBLIOGRAFÍA

- Campo Marquina, J (2005). Venezuela, dale gas. (Universidad de Málaga. Observatorio de la Economía Latinoamericana N° 47) Abstract recuperado en Mayo 15, 2009, de <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/ve/2005/jcm-gas.htm>
- Canelón, J. (2005). *Herramienta de Medición del Grado de Definición y Planificación en Proyectos de Construcción de Salas Limpias Farmacéuticas*. Tesis de Grado en Especialista de en Gerencia de Proyectos. Universidad Católica Andrés Bello, Caracas.
- Enagas (2007). *Reservas en Venezuela*. Recuperado en Mayo 20, 2009 de la World Wide Web: <http://www.enagas.gob.ve/info/gasnatural/reservasvzla.php>
- Hoerbiger de Venezuela, S.A. (2004). *Curso Básico Principios del Mantenimiento a los Motocompresores*. Caracas.
- Maraven (1984). *Principios de Funcionamiento, Operación y Mantenimiento de Motocompresores Reciprocantes*. Lagunillas.
- Núñez, M. (2001). *Aplicación del Índice del Nivel de Definición del Proyecto (PDRI) a Proyectos en México*. Recuperado en Junio 25, 2009 de la World Wide Web: <http://www.mty.itesm.mx/dia/deptos/cv/cv99-130/PresentacinPDRI.ppt>
- Office of Project Management, EM-6. U.S. Department of Energy (2001). *Project Definition Rating Index (EM•PDRI) Manual*. Recuperado en Mayo 20, 2009 de la World Wide Web: <http://web.em.doe.gov/em6home/empdri.html>
- PDVSA (2009). *Petróleos de Venezuela*. Recuperado en Mayo 19, 2009 de la World Wide Web: http://www.pdvs.com/index.php?tpl=interface.sp/design/readmenuprinc.tpl.html&news_id_temas=11

- Project Management Institute. (2004). *Guía de los fundamentos de la dirección de proyectos, Guía PMBOK*. (3ra edición). Pennsylvania: PMI
- Sedigas. (2007). Estado de las Reservas. Informe Anual 2007. Recuperado en Mayo 19, 2009 de la World Wide Web: <http://www.sedigas.es/informeanual/EstadoReservasGasMundo.htm>
- Velásquez, A. (2002). *Implementación del Software APT-LIFESPAN*. Tesis de Pregrado en Ingeniería de Mantenimiento. Instituto Universitario Politécnico Santiago Mariño.
- Vélez, S. (2001). Apuntes de Metodología de la Investigación. Un Resumen de las Principales Ideas para el Desarrollo de Proyectos de Investigación. Recuperado en Julio 9, 2009 de la World Wide Web: http://www.egrupos.net/grupo/mic_sistemas_puno/ficheros/6/verFichero/3/metodologia%20de%20investigacion%20cientifica%20parte2.pdf
- Villalobos, M. (2002). *Adaptación del PDRI para proyectos IPC en la industria petrolera*, Tesis de Grado en Especialista de en Gerencia de Proyectos. Universidad Católica Andrés Bello, Caracas.

ANEXOS

CASO PRÁCTICO

A fin de dar validez a la herramienta se procedió a aplicar el procedimiento para la medición del grado de definición del alcance de proyectos de mantenimiento de compresores reciprocantes.

La herramienta fue utilizada para un proyecto de mantenimiento de un compresor recíprocante ubicado en la parte nororiental de Venezuela. Los datos propios del equipo compresor no son reflejados en el presente estudio debido a acuerdo de confidencialidad entre la empresa propietaria del equipo y la empresa encargada de ejecutar el mantenimiento.

Proyecto: Mantenimiento Mayor de Compresor Reciprocante

Código proyecto: HVEN-332-1008

Fecha: Oct-09

Cliente: Confidencial

Ubicación: Confidencial

Categoría	No.	Elemento	Nivel de Definición					
			N/A	Mejor				Peor
			0	1	2	3	4	5
Sección I. Bases del Proyecto								
A. Alcance del proyecto (Puntuación máxima = 75)								
A.1.		Productos del proyecto	☐	☒	☐	☐	☐	☐
A.2.		Metas y objetivos del proyecto	☐	☒	☐	☐	☐	☐
A.3.		Requisitos del proyecto	☐	☒	☐	☐	☐	☐
A.4.		Limites del proyecto	☐	☐	☒	☐	☐	☐
A.5.		Criterios de aceptación	☐	☒	☐	☐	☐	☐
A.6.		Esquema de trabajo (Y/N)	☐	☒				☐
A.7.		Estrategia del proyecto (Y/N)	☐	☒				☐
A.8.		Documentación de normas y soportes	☐	☒	☐	☐	☐	☐
A.9.		Estructura desagregada de trabajo	☐	☐	☐	☐	☒	☐
A.10.		Restricciones	☐	☐	☐	☒	☐	☐
Total Categoría A			18					
B. Filosofía del mantenimiento (Puntuación máxima = 50)								
B.1.		Características del equipo (Y/N)	☐	☒				☐
B.2.		Tipo de mantenimiento (Y/N)	☐	☒				☐
B.3.		Tiempo de parada del equipo	☐	☒	☐	☐	☐	☐
B.4.		Accesibilidad del equipo	☐	☒	☐	☐	☐	☐
B.5.		Accesibilidad a las instalaciones	☐	☒	☐	☐	☐	☐
Total Categoría B			6					
C. Planificación y control (Puntuación máxima = 50)								
C.1.		Aprobación del cliente (Y/N)	☐	☒				☐
C.2.		Plan de procura	☐	☐	☐	☒	☐	☐
C.3.		Plan de subcontrataciones	☐	☐	☐	☒	☐	☐
C.4.		Plan de costos	☐	☐	☒	☐	☐	☐

C.5. Plan de riesgos	☐	☐	☐	☐	☒	☐
C.6. Plan desarrollo del proyecto (cronograma)	☐	☒	☐	☐	☐	☐

Total Categoría C 18

D. Actividades (Puntuación máxima = 75)

D.1. Definición de actividades	☐	☒	☐	☐	☐	☐
D.2. Secuencia de actividades.	☐	☒	☐	☐	☐	☐
D.3. Estimación de duración de las actividades	☐	☐	☐	☒	☐	☐
D.4. Ruta crítica	☐	☐				☒
D.5. Hitos del cronograma	☐	☐	☐	☒	☐	☐

Total Categoría D 22

Sección I. Puntuación máxima = 250)

Total Sección I 64

Sección II. Base Técnica

E. Alcance técnico (Puntuación máxima = 250)

E.1. Guía de la cruceta o patín (Y/N)	☐	☒			☐
E.2. Cigüeñal (Y/N)	☐	☒			☐
E.3. Biela (Y/N)	☐	☒			☐
E.4. Cojinetes de biela (Y/N)	☐	☒			☐
E.5. Cruceta (Y/N)	☐	☒			☐
E.6. Pistones (Y/N)	☐	☒			☐
E.7. Barras de pistón (Y/N)	☐	☒			☐
E.8. Cilindros (Y/N)	☐	☒			☐
E.9. Cajas de packing	☐	☐	☒	☐	☐
E.10. Válvulas	☐	☐	☒	☐	☐
E.11. Actuadores (Y/N)	☐	☒			☐
E.12. Lubricación (Y/N)	☐	☒			☐
E.13. Botellas de pulsaciones (Y/N)	☒	☐			☐
E.14. Aceites (Y/N)	☒	☐			☐

Total Categoría E 20

F. Calidad (Puntuación máxima = 150)

F.1. Lista de verificación	☐ ☐ ☐ ☒ ☐ ☐
F.2. Cumplimiento de los requerimientos	☐ ☐ ☐ ☒ ☐ ☐
F.3. Normas de calidad	☐ ☐ ☐ ☐ ☒ ☐

Total Categoría F 90

Sección II. Puntuación máxima = 400)

Total Sección II 110

Sección III. Requerimientos e Insumos

G. Costo (Puntuación máxima = 70)

G.1. Estimado de costo	☐ ☐ ☐ ☒ ☐ ☐
G.2. Análisis de riesgo de costo y contingencia	☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☒

Total Categoría G 44

H. Recurso humano (Puntuación máxima = 90)

H.1. Equipo de trabajo	☐ ☐ ☒ ☐ ☐ ☐
H.2. Roles y responsabilidades	☐ ☐ ☒ ☐ ☐ ☐
H.3. Requerimientos de adiestramiento	☐ ☐ ☐ ☐ ☒ ☐
H.4. Reclutamiento del personal	☐ ☐ ☐ ☒ ☐ ☐
H.5. Organigrama del equipo de proyecto	☐ ☐ ☐ ☐ ☒ ☐

Total Categoría H 41

I. Procura (Puntuación máxima = 90)

I.1. Identificación de equipos	☐ ☐ ☒ ☐ ☐ ☐
I.2. Elaboración de la lista de repuestos	☐ ☐ ☒ ☐ ☐ ☐
I.3. Subcontrataciones	☐ ☐ ☐ ☒ ☐ ☐

Total Categoría I 27

J. Riesgos (Puntuación máxima = 70)

J.1. Identificación de riesgos	☐ ☒ ☐ ☐ ☐
J.2. Causas de los riesgos	☐ ☒ ☐ ☐ ☐
J.3. Categorización de los riesgos	☐ ☐ ☐ ☒ ☐
J.4. Lista de respuestas a riesgos	☐ ☐ ☐ ☒ ☐

Total Categoría J 10

K. Factores externos (Puntuación máxima = 30)

K.1. Programa de regulaciones internas	☐	☒	☐	☐	☐	☐
K.2. Programa de regulaciones externas	☐	☐	☒	☐	☐	☐
K.3. Programa de regulaciones ambientales	☐	☐	☐	☐	☒	☐

Total Categoría K 9

Sección III. Puntuación máxima = 350)

Total Sección III 131

Puntuación máxima = 1000

Puntuación total 305

Análisis de resultados

Luego de aplicar la herramienta para la medición del grado de definición del alcance al proyecto, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 13. Resultados Secciones – Caso Práctico

Sección	Descripción	Valor
Sección I.	Bases del Proyecto	64
Sección II.	Base Técnica	110
Sección III.	Requerimientos e Insumos	131
Total Herramienta		305

Tabla 14. Resultados Categorías – Caso Práctico

Categoría	No.	Descripción	Valor
Sección I. Bases del Proyecto			
	A.	Alcance del proyecto	18
	B.	Filosofía del mantenimiento	6
	C.	Planificación y Control	18
	D.	Actividades	22
Total Sección I			64
Sección II. Base Técnica			
	E.	Alcance Técnico	20
	F.	Calidad	90
Total Sección II			110
Sección III. Requerimientos e Insumos			
	G.	Costo	44
	H.	Recurso Humano	41
	I.	Procura	27
	J.	Riesgos	10
	K.	Factores externos	9
Total Sección III			131

Tabla 15. Resultados Elementos – Caso Práctico

Categoría	No.	Elemento	Valor
Sección I. Bases del Proyecto			
A. Alcance del proyecto			
	A.1.	Productos del proyecto de mantenimiento	1
	A.2.	Metas y objetivos del proyecto de mantenimiento	1
	A.3.	Requisitos del proyecto de mantenimiento	1
	A.4.	Limites del proyecto de mantenimiento	2
	A.5.	Criterios de aceptación	1
	A.6.	Esquema de trabajo (Y/N)	1

Tabla 15. *Resultados Categorías – Caso Práctico (Continuación)*

	A.7.	Estrategia del proyecto (Y/N)	1
	A.8.	Documentación de normas y soportes	1
	A.9.	Estructura desagregada de trabajo	4
	A.10.	Restricciones	5
B. Filosofía del mantenimiento			
	B.1.	Características del equipo (Y/N)	2
	B.2.	Tipo de mantenimiento (Y/N)	1
	B.3.	Tiempo de parada del equipo	1
	B.4.	Accesibilidad del equipo	1
	B.5.	Accesibilidad a las instalaciones	1
C. Planificación y Control			
	C.1.	Aprobación del cliente (Y/N)	1
	C.2.	Plan de procura	5
	C.3.	Plan de Subcontrataciones	3
	C.4.	Plan de Costos	3
	C.5.	Plan de Riesgos	5
	C.6.	Plan desarrollo del proyecto (cronograma)	1
D. Actividades			
	D.1.	Definición de actividades	1
	D.2.	Secuencia de actividades.	1
	D.3.	Estimación de duración de las actividades	8
	D.4.	Ruta crítica	5
	D.5.	Hitos del cronograma	7
Sección II. Base Técnica			
E. Alcance Técnico			
	E.1.	Guía de la cruceta o patín (Y/N)	1
	E.2.	Cigüeñal (Y/N)	1
	E.3.	Biela (Y/N)	1
	E.4.	Cojinetes de biela (Y/N)	1
	E.5.	Cruceta (Y/N)	1
	E.6.	Pistones (Y/N)	1
	E.7.	Barras de pistón (Y/N)	1
	E.8.	Cilindros (Y/N)	1
	E.9.	Cajas de packing	5
	E.10.	Válvulas	5
	E.11.	Actuadores (Y/N)	1
	E.12.	Lubricación (Y/N)	1
	E.13.	Botellas de pulsaciones (Y/N)	0
	E.14.	Aceites (Y/N)	0
F. Calidad			
	F.1.	Lista de verificación	25
	F.2.	Cumplimiento de los requerimientos	30
	F.3.	Normas de calidad	35

Tabla 15. Resultados Categorías – Caso Práctico (Continuación)			
Sección III. Requerimientos e Insumos			
G. Costo			
	G.1.	Estimado de costo	23
	G.2.	Análisis de riesgo de costo y contingencia	21
H. Recurso Humano			
	H.1.	Equipo de trabajo	10
	H.2.	Roles y responsabilidades	4
	H.3.	Requerimientos de adiestramiento	12
	H.4.	Reclutamiento del personal	8
	H.5.	Organigrama del equipo de proyecto	7
I. Procura			
	I.1.	Identificación de equipos	7
	I.2.	Elaboración de la lista de repuestos	10
	I.3.	Subcontrataciones	10
J. Riesgos			
	J.1.	Identificación de riesgos	1
	J.2.	Causas de los riesgos	2
	J.3.	Categorización de los riesgos	2
	J.4.	Lista de respuestas a riesgos	5
K. Factores externos			
	K.1.	Programa de regulaciones internas	1
	K.2.	Programa de regulaciones externas	3
	K.3.	Programa de regulaciones ambientales	5

Los resultados demuestran que el proyecto presenta ciertas deficiencias en su grado de definición del alcance. El resultado obtenido en el uso de la herramienta es de 305, siendo este puntaje mayor a los 200 puntos permisibles para considerar que el proyecto tendrá un alto porcentaje de éxito durante su ejecución, por lo que el equipo de proyecto debe realizar una evaluación de algunos elementos, especialmente los siguientes:

Sección I. Bases del Proyecto

Categoría A. Alcance del proyecto

- Estructura desagregada de trabajo
- Restricciones

Categoría C. Planificación y control

- Plan de procura
- Plan de subcontrataciones

- Plan de riesgos

Categoría D. Actividades

- Duración de estimación de las actividades
- Ruta crítica

Sección II. Base Técnica

Categoría F. Calidad

- Lista de verificación
- Cumplimiento de los requerimientos
- Normas de calidad

Sección III. Requerimientos e Insumos

Categoría G. Costo

- Análisis de riesgo de costo y contingencia

Categoría H. Recurso Humano

- Requerimientos de adiestramiento
- Reclutamiento del personal
- Organigrama del equipo de proyecto

Categoría I. Procura

- Subcontrataciones

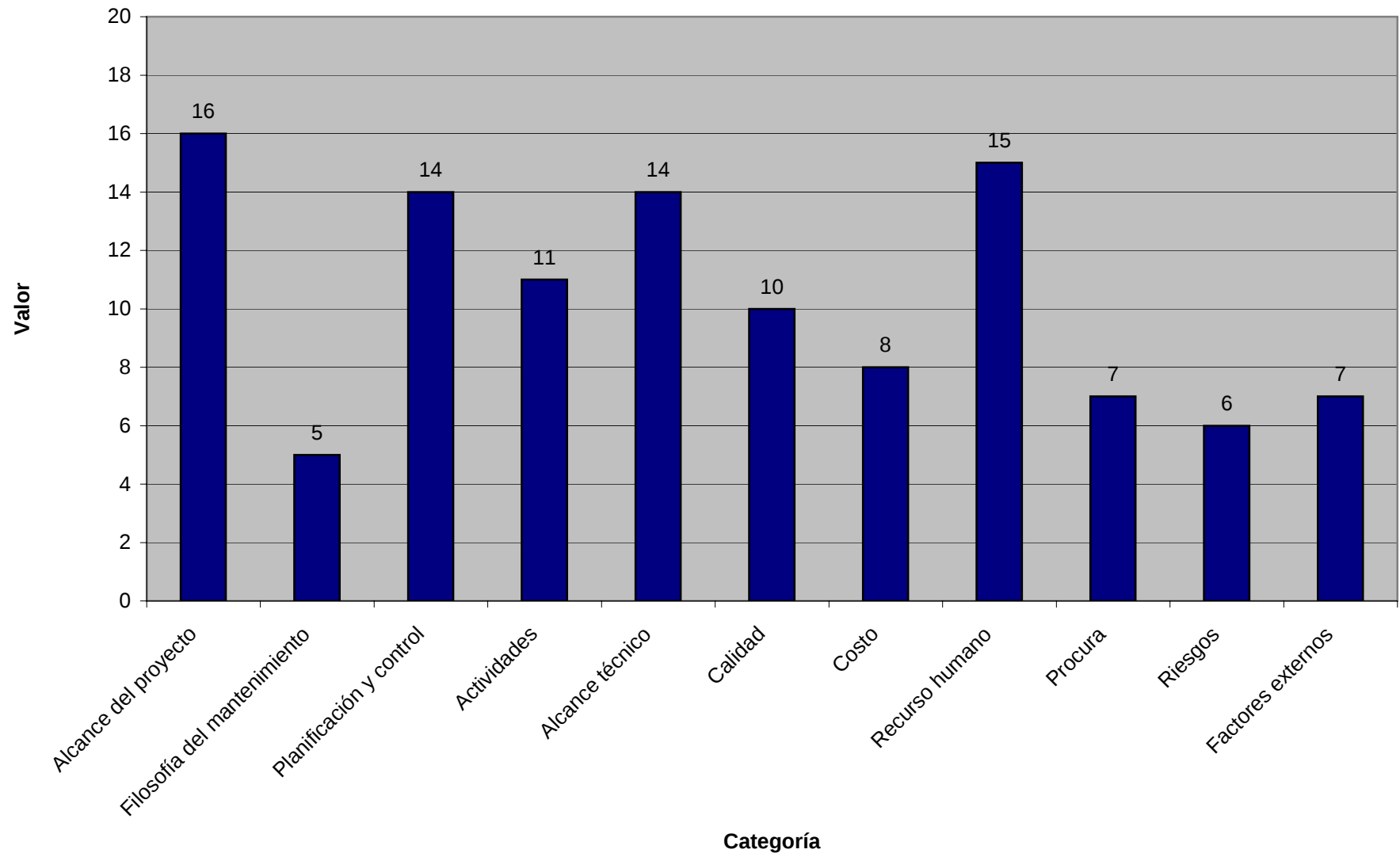
Categoría J. Riesgos

- Categorización de los riesgos
- Lista de respuestas a riesgos

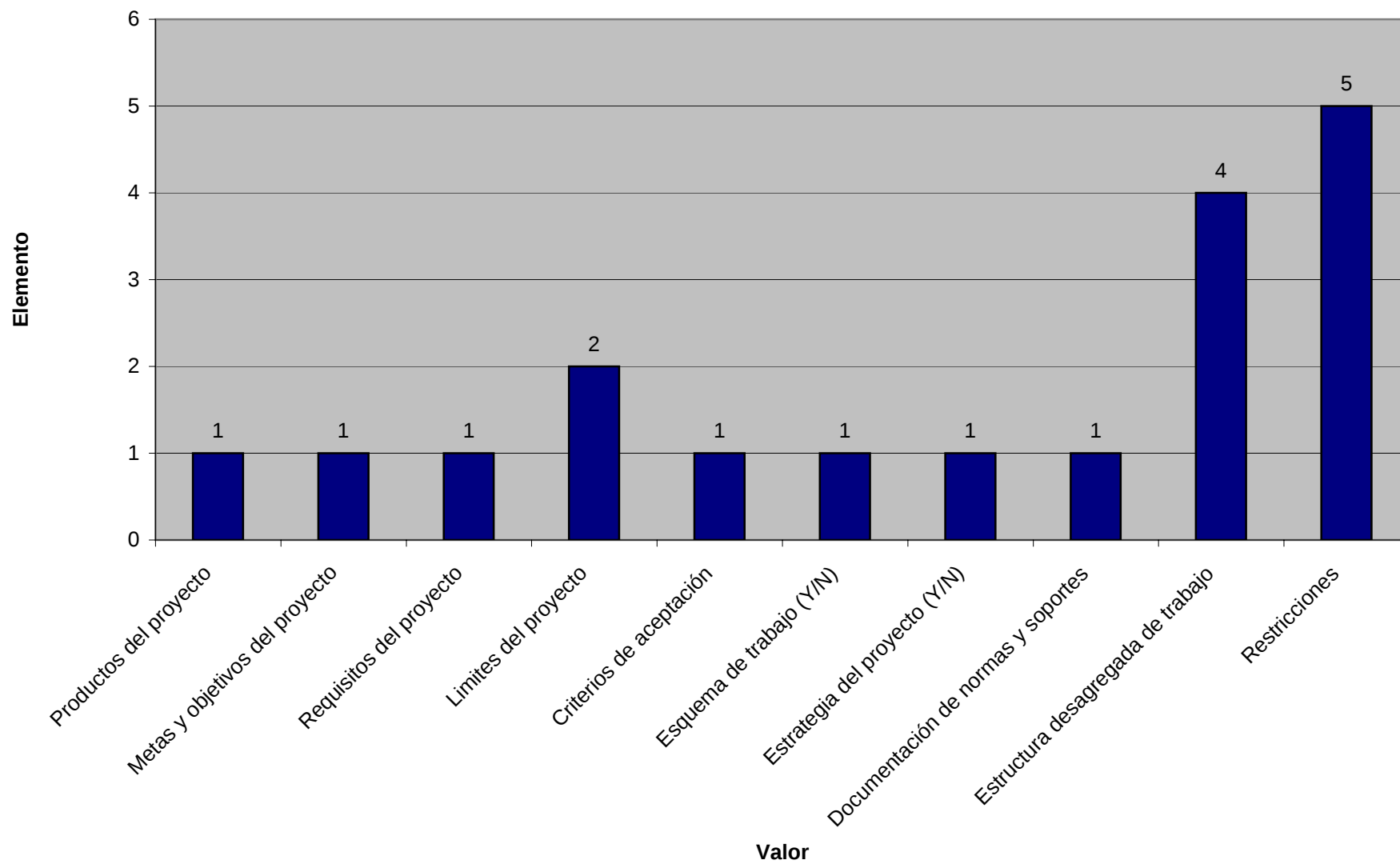
Categoría K. Factores externos

- Programa de regulaciones ambientales

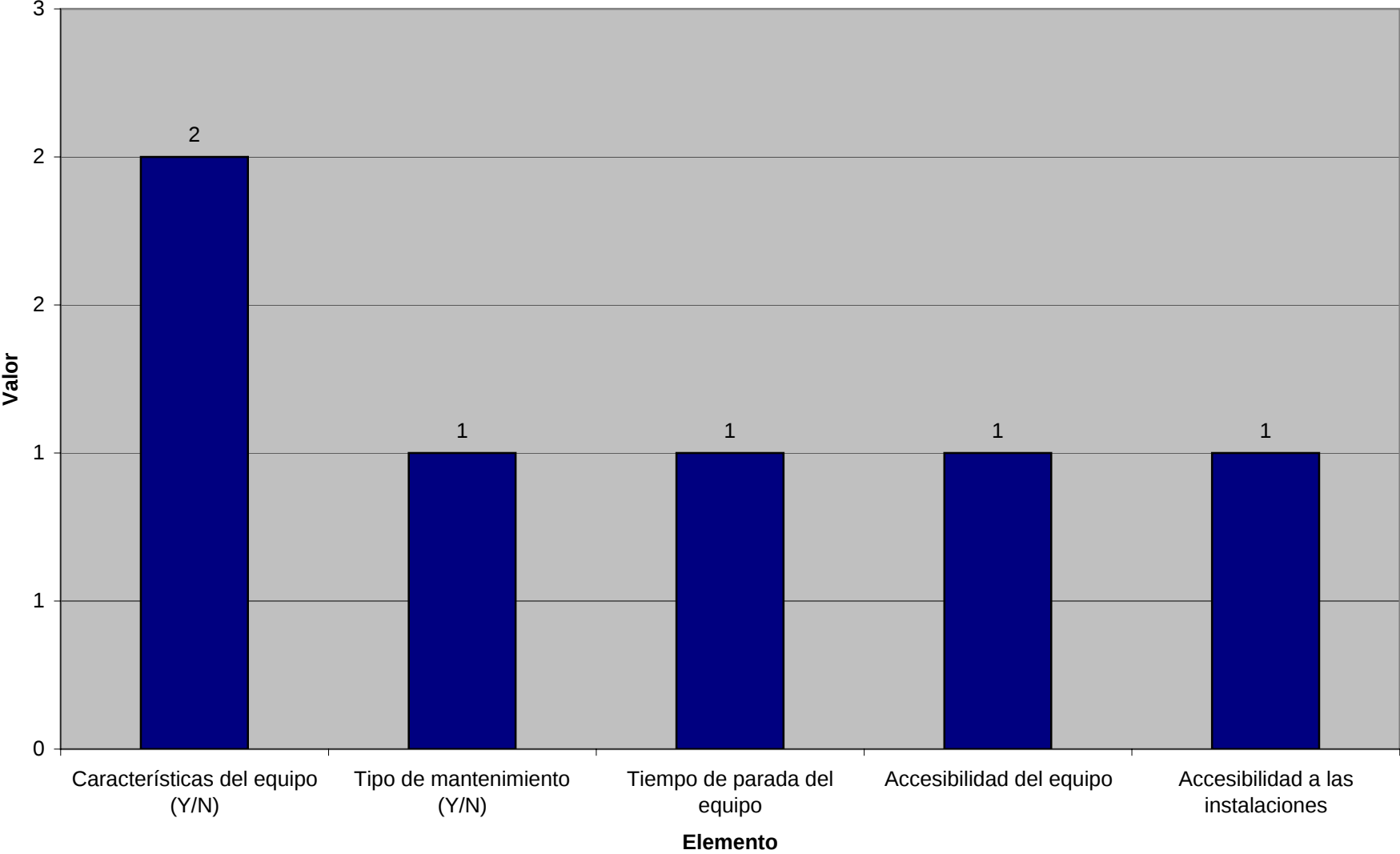
Grado PDRI



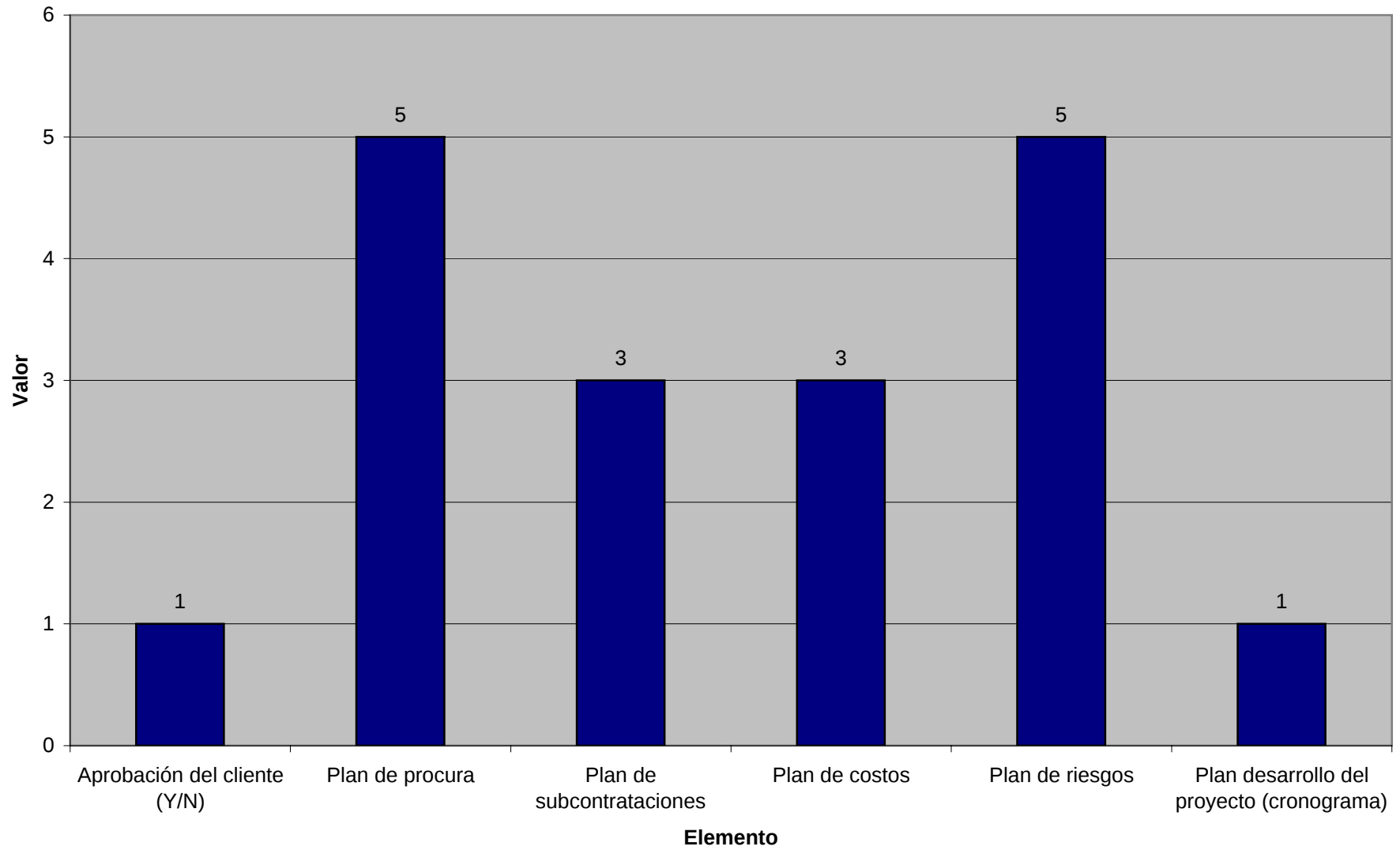
Alcance del proyecto



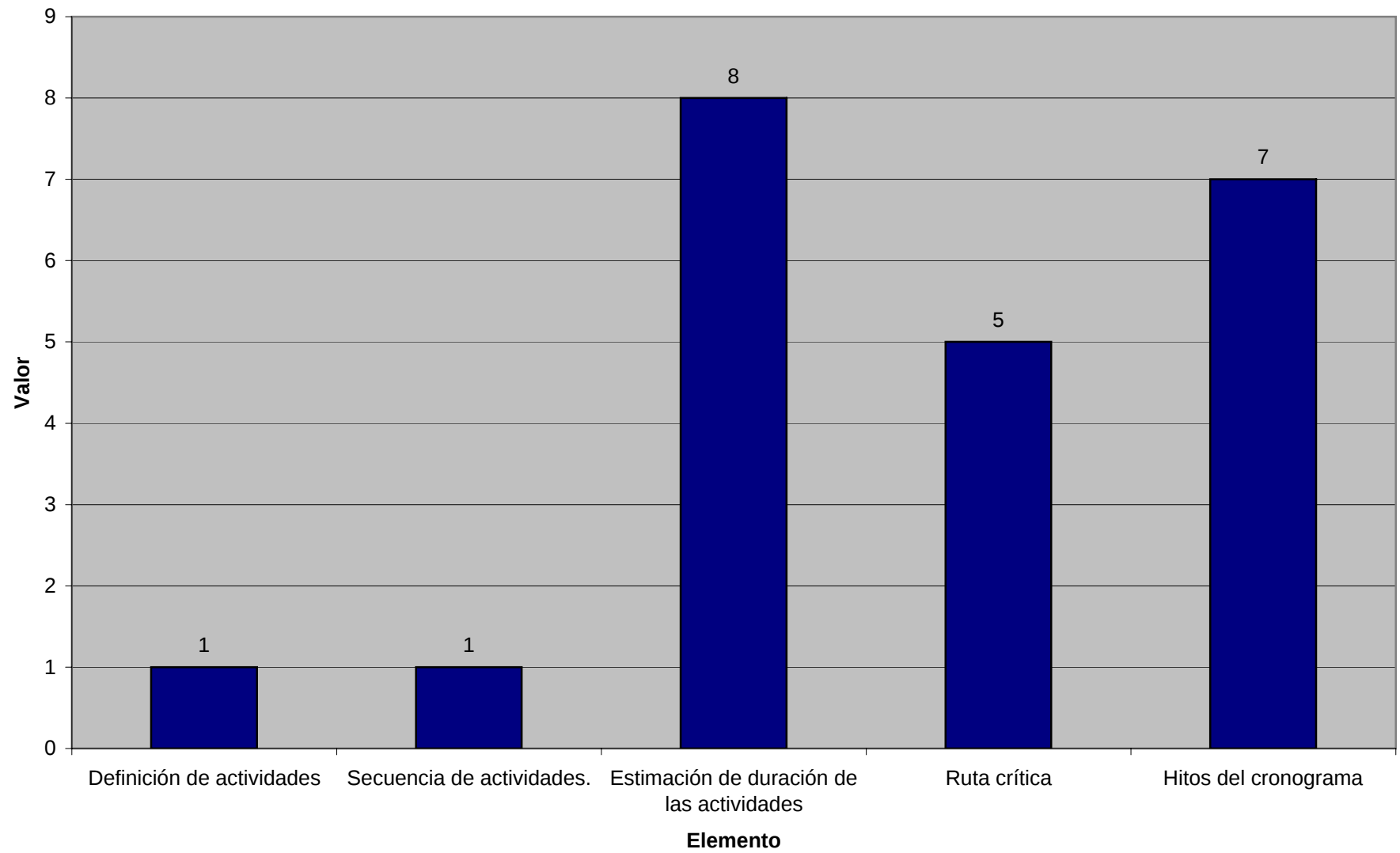
Filosofía del mantenimiento



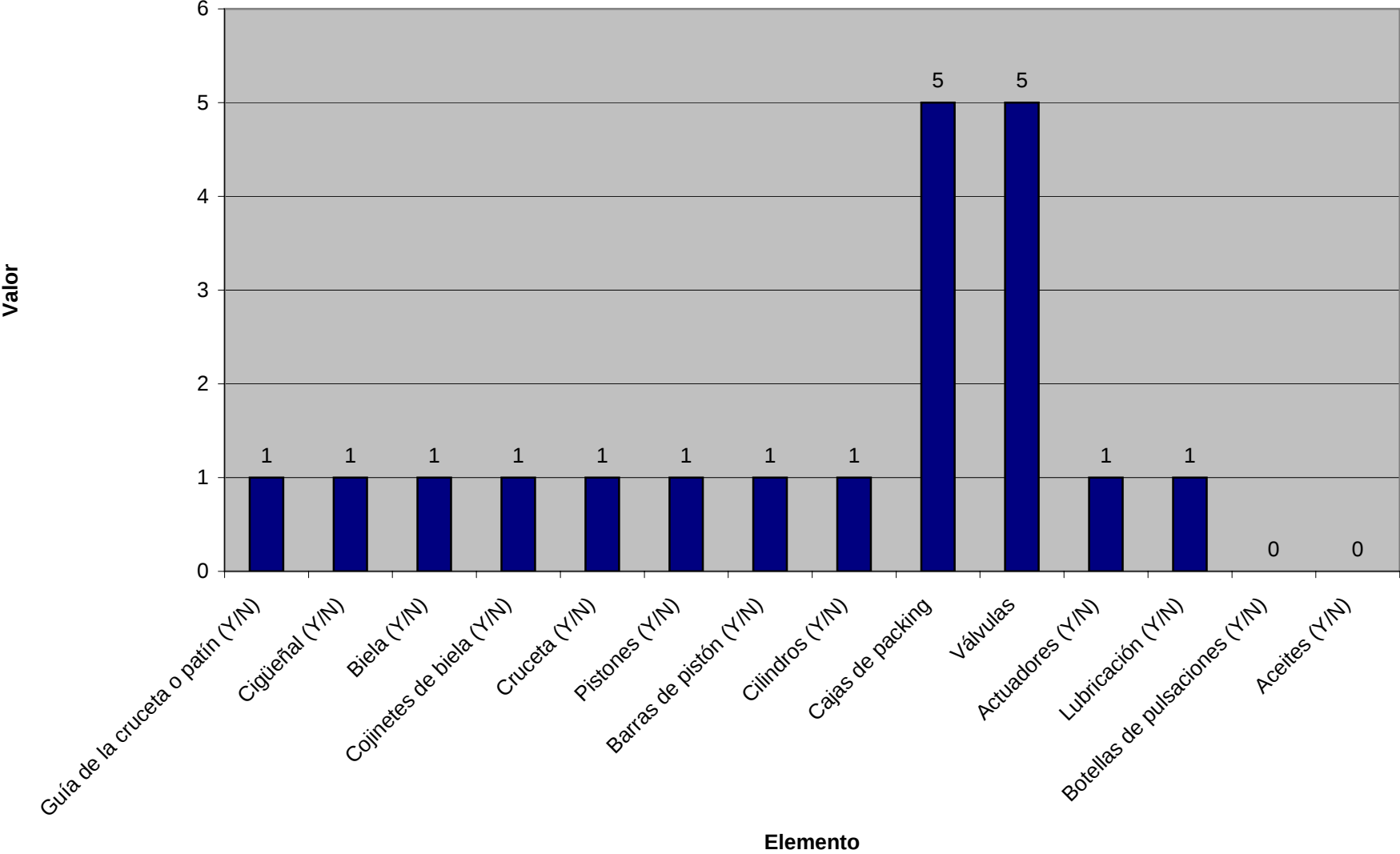
Planificación y control



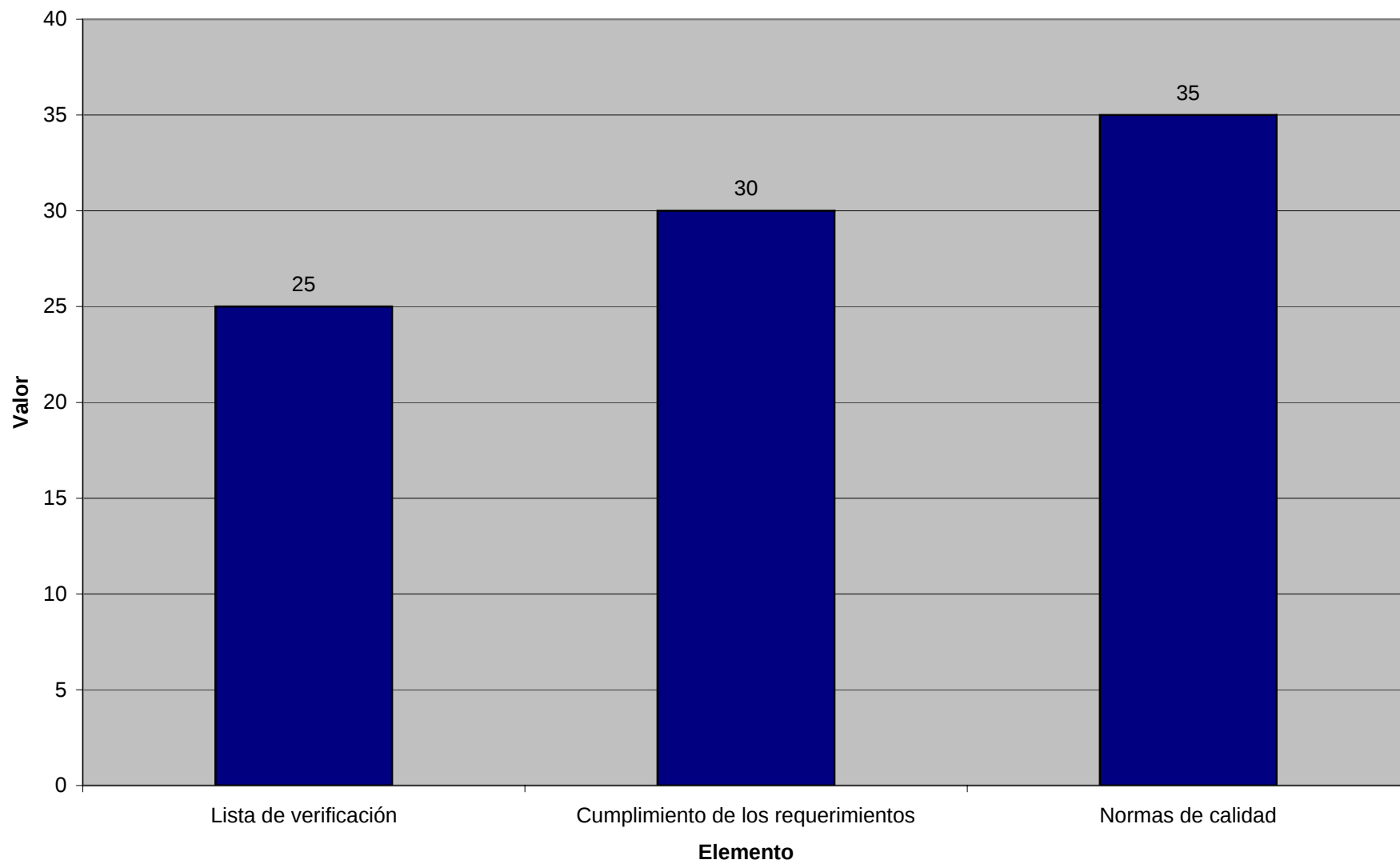
Actividades



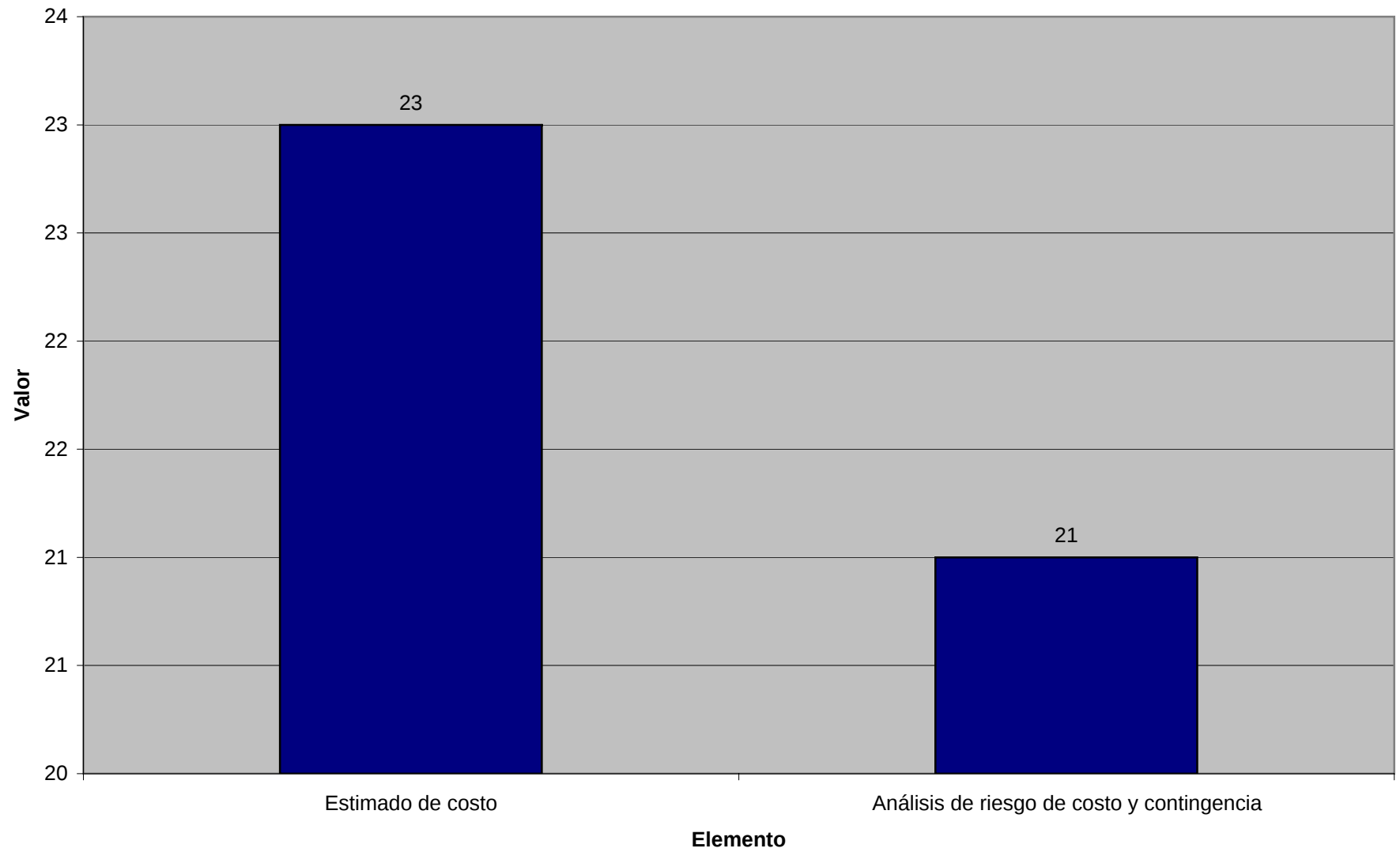
Alcance técnico



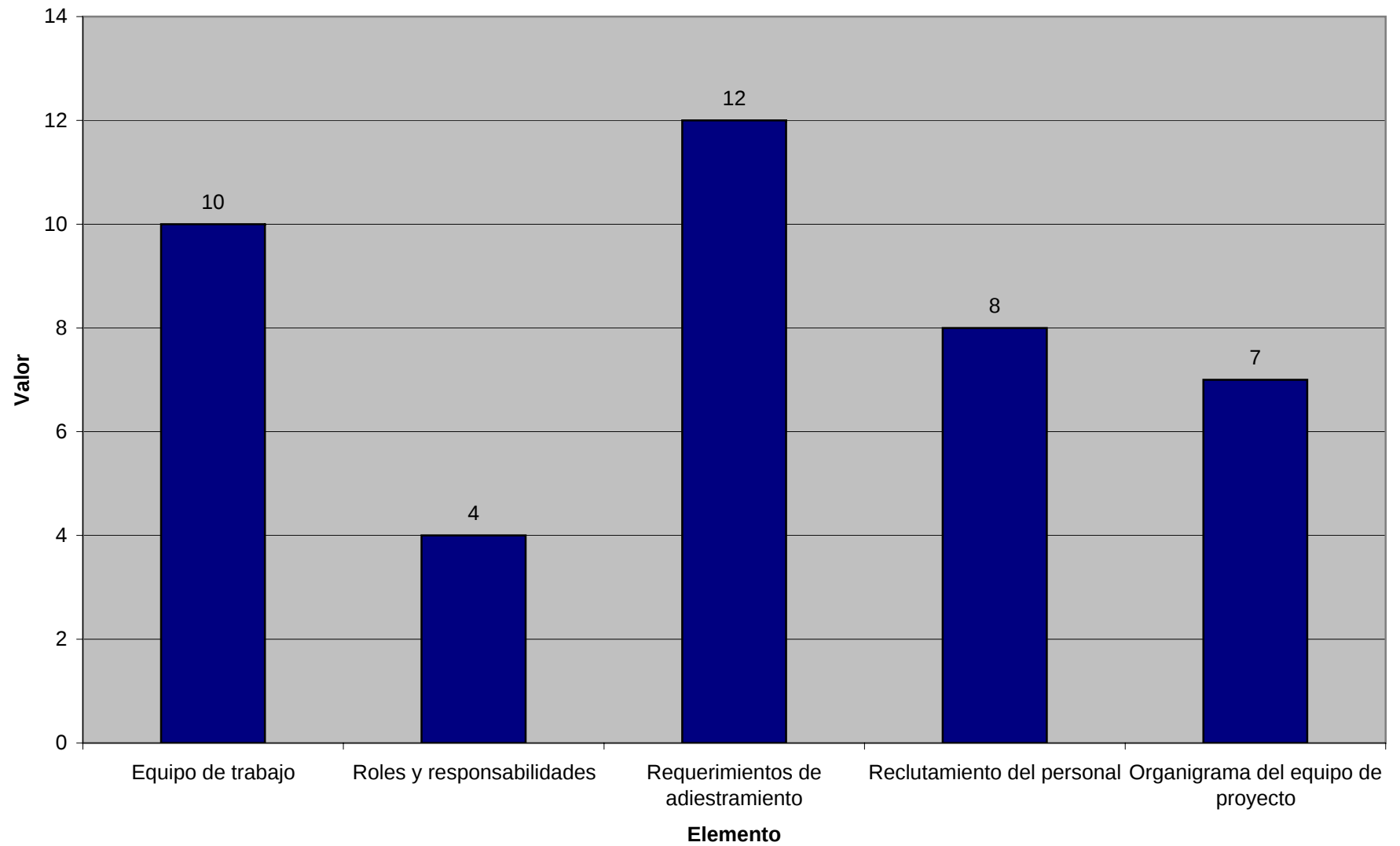
Calidad



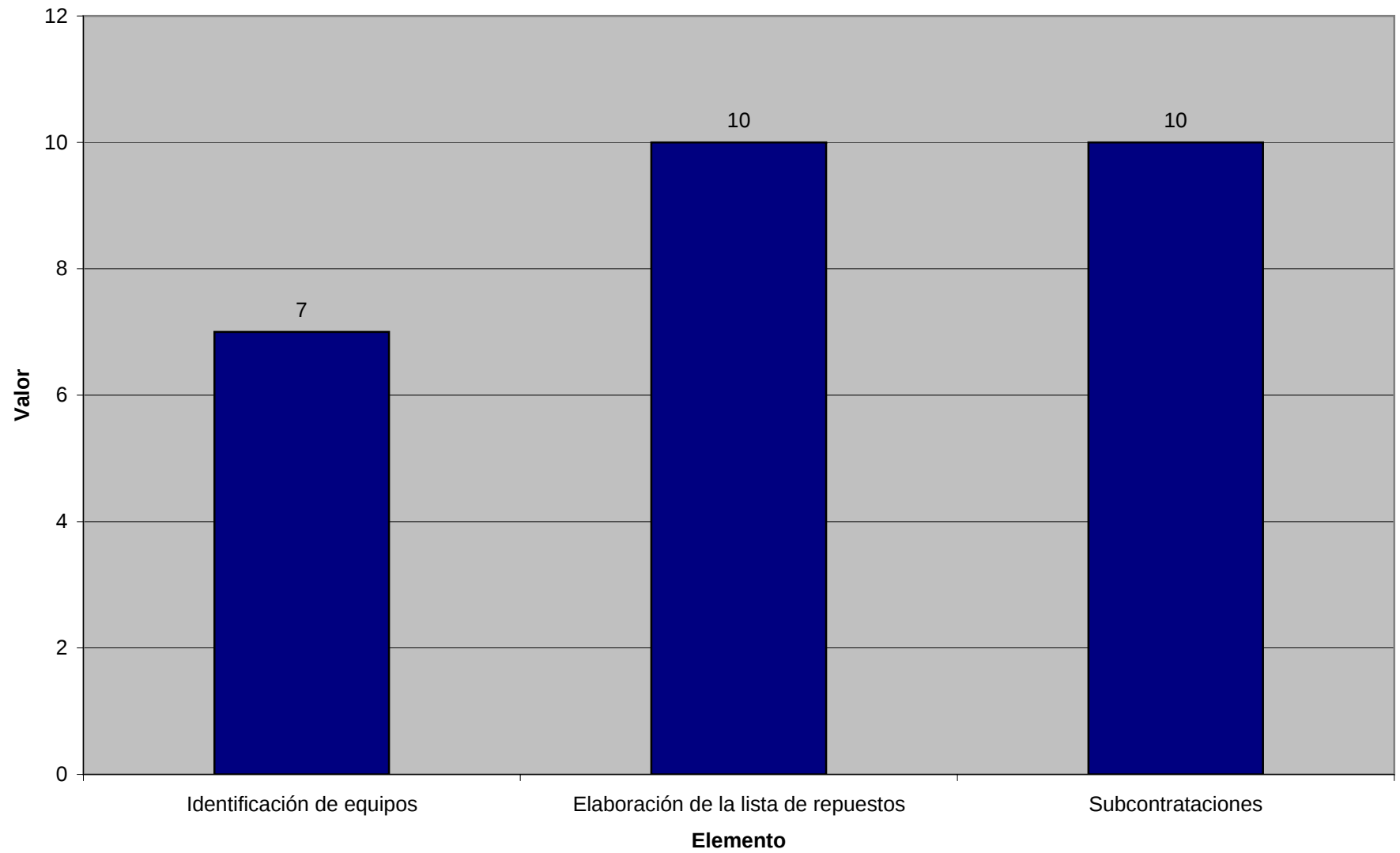
Costo



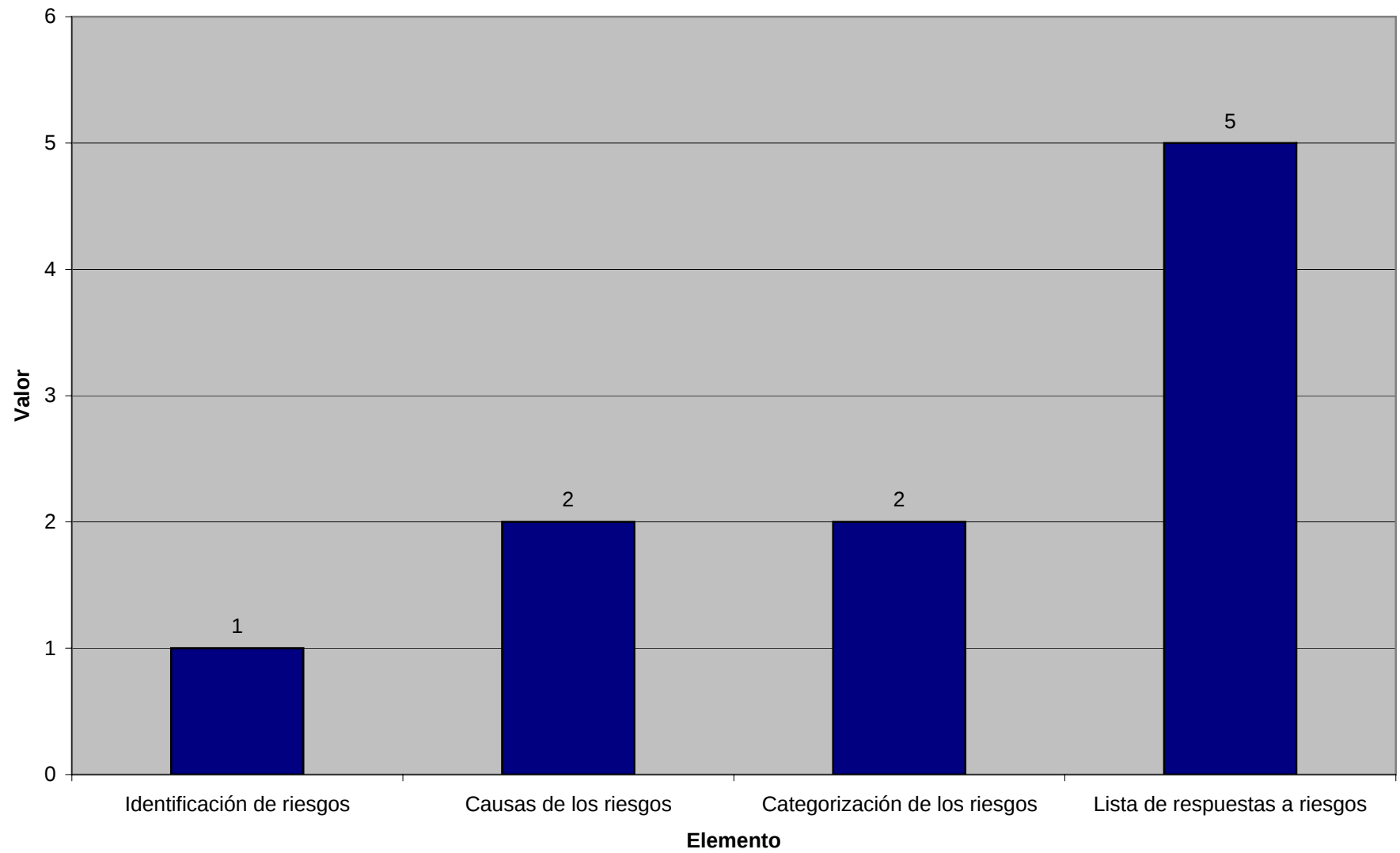
Recurso humano



Procura



Riesgos



Factores externos

