



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ECONÓMICAS,
ADMINISTRATIVAS Y DE COMERCIO**

**MAESTRÍA EN GESTIÓN DE LA CALIDAD Y
PRODUCTIVIDAD
IX PROMOCIÓN**

PROYECTO II

**TEMA: MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE
FABRICACIÓN DEL CABEZAL BÁSICO PARA POZO, EN LA
EMPRESA ESP COMPLETION TECHNOLOGIES S.A
APLICANDO RUTA DE LA CALIDAD**

**AUTORES: GUEVARA GRANJA, ALEJANDRO DAVID
MALDONADO BARRAGÁN, EDUARDO JAVIER**

DIRECTOR: ING. CABRERA, GUILLERMO

OPONENTE: ING. NARANJO, CARLOS

SANGOLQUÍ

2015

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE
MAESTRÍA EN GESTIÓN DE LA CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD – MGCP

DIRECTOR: Ing. Guillermo Cabrera M.

CERTIFICA:

Que el proyecto titulado “MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DEL CABEZAL BÁSICO PARA POZO, EN LA EMPRESA ESP COMPLETION TECHNOLOGIES S.A APLICANDO RUTA DE LA CALIDAD”, realizado por los señores ingenieros Alejandro David Guevara Granja y Eduardo Javier Maldonado Barragán, ha sido revisado periódicamente y cumple las normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

Debido a que han concluido satisfactoriamente el proyecto, requisito previo a la obtención del título de Magister, recomiendo a los autores para que puedan publicar el presente trabajo.

El mencionado trabajo consta de (un) documento empastado y (un) disco compacto, el cual contiene los archivos en formato portátil PDF.

Sangolquí, 10 de abril de 2015


Ing. Guillermo Cabrera M.

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE
MAESTRÍA EN GESTIÓN DE LA CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD – MGCP**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, ING. ALEJANDRO DAVID GUEVARA GRANJA e
ING. EDUARDO JAVIER MALDONADO BARRAGÁN.

DECLARAMOS QUE:

El proyecto titulado “MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DEL CABEZAL BÁSICO PARA POZO, EN LA EMPRESA ESP COMPLETION TECHNOLOGIES S.A APLICANDO RUTA DE LA CALIDAD”, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme a las citas que constan en el presente proyecto, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de ésta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico de este proyecto de grado.

Sangolquí, 10 de abril de 2015

Ing. Alejandro David Guevara Granja

Ing. Eduardo Javier Maldonado Barragán

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE
MAESTRÍA EN GESTIÓN DE LA CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD – MGCP
AUTORIZACIÓN

Nosotros, Alejandro David Guevara Granja y Eduardo Javier Maldonado Barragán portadores de las cédulas de identidad 100227795-0 y 171263428-4 respectivamente, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del proyecto “MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DEL CABEZAL BÁSICO PARA POZO, EN LA EMPRESA ESP COMPLETION TECHNOLOGIES S.A APLICANDO RUTA DE LA CALIDAD”, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Sangolquí, 10 de abril de 2015



Ing. Alejandro David Guevara Granja



Ing. Eduardo Javier Maldonado Barragán

DEDICATORIA

A toda mi familia en especial a Karen, Nicole y Emilio pilares fundamentales en mi vida que con su apoyo e incondicional amor permiten mi crecimiento día a día.

Eduardo

El presente trabajo se lo dedico a mis padres y hermanos, quienes siempre han sido un apoyo importante en mi vida personal y profesional.

David

AGRADECIMIENTO

A nuestros tutores y maestros, que con su vasto conocimiento y enseñanzas, nos permitieron e impulsaron para lograr la culminación de nuestros objetivos planteados y así crecer como profesionales y seres humanos.

A nuestras familias quienes con su apoyo nos acompañan y animan para siempre tratar de alcanzar el éxito en nuestras vidas.

A la empresa ESP Completion Technologies S.A., en especial a su representante quien confió y brindó todo su apoyo para el desarrollo del presente proyecto, y nos ha permitido culminar exitosamente con el mismo.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN.....	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
RESUMEN.....	1
ABSTRACT	2
CAPÍTULO I	
GENERALIDADES.....	3
1.1 Antecedentes	3
1.2 Justificación e importancia.....	3
1.3 Definición del problema.....	4
1.4 Objetivos	5
1.4.1 Objetivo General	5
1.4.2 Objetivos Específicos	5
1.5 Alcance	5
1.6 Metodología.....	5
CAPÍTULO II	
MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL	6
2.1 La ruta de la calidad	6
2.1.1 Selección de la alternativa de solución	7
2.1.2 Ejecución de las acciones establecidas.....	9
2.1.3 Verificación de los resultados.....	10

CAPÍTULO III

DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	12
3.1 Descripción de la empresa	12
3.1.1 Antecedentes históricos y constitución	12
3.1.2 Localización	14
3.1.3 Organigrama.....	15
3.1.4 Personal	16
3.1.5 Productos y servicios	16
3.1.6 Cadena de valor y mapa de procesos.....	18

CAPÍTULO IV

IMPLEMENTACIÓN DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN Y VERIFICACIÓN DE RESULTADOS.....	21
4.1 Selección de alternativas de solución	21
4.1.1 Causa: “instrumentos de medición inadecuados”	21
4.1.2 Causa: “incumplimiento del cursograma”	23
4.1.3 Causa: “mala interpretación del plano”	23
4.1.4 Causa: “falta de calibración de maquinaria”	23
4.2 Implementación de la alternativa de solución	24
4.2.1 Alternativa: “adquirir equipos adicionales para mediciones de diámetros y longitudes”	24
4.2.2 Alternativa: “dictar capacitación interna a los maquinistas sobre el uso de cursogramas”	25

4.2.3	Alternativa: “implementar un examen de aprobación del curso previo a la certificación en lectura de planos”	26
4.2.4	Alternativa: “elaborar y ejecutar internamente un plan de calibración de maquinaria”	26
4.3	Evaluación de resultados	27
CAPÍTULO V		
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		39
5.1	Conclusiones	39
5.2	Recomendaciones	40
BIBLIOGRAFÍA / REFERENCIAS		41

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Pasos de ruta de calidad.....	6
Tabla 2. Ponderación de criterios.....	21
Tabla 3. Ponderación de alternativas de instrumentos de medición inadecuados....	22
Tabla 4. Ponderación de alternativas incumplimiento de cursograma.....	23
Tabla 5. Ponderación de alternativas falta de calibración de maquinaria.....	23
Tabla 6. Defectos en componentes.....	28
Tabla 7. Componentes no reprocesados.....	30
Tabla 8. Porcentaje de componentes reprocesados.....	30
Tabla 9. Porcentaje de cabezales conformes.....	32
Tabla 10. Porcentaje de ensambles de secciones A conformes.....	33
Tabla 11. Porcentaje de ensambles de secciones B conformes.....	34
Tabla 12. Porcentaje de ensambles de secciones C conformes.....	35
Tabla 13. Porcentaje de componentes defectuosos.....	36
Tabla 14. Indicadores en el periodo de diagnóstico.....	37
Tabla 15. Indicadores en el periodo de mejoramiento.....	37

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Pareto – Ingresos por producto.....	4
Figura 2. Ubicación geográfica de ESPCT.....	14
Figura 3. Organigrama ESPCT.....	15
Figura 4. Cadena de valor de ESPCT.....	18
Figura 5. Mapa de procesos de ESPCT.....	19
Figura 6. Porcentaje de componentes reprocesados.....	31
Figura 7. Porcentaje de cabezales conformes.....	32
Figura 8. Porcentaje de ensambles de secciones A conformes.....	33
Figura 9. Porcentaje de ensambles de secciones B conformes.....	34
Figura 10. Porcentaje de ensambles de secciones C conformes.....	35
Figura 11. Porcentaje de componentes defectuosos.....	36

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO “A”

Registro de elementos procesados no liberados

ANEXO “B”

Tablero de indicadores

ANEXO “C”

Requisición, orden de compra e historiales de equipos de medición

ANEXO “D”

Examen de evaluación sobre el uso de cursogramas y registro de capacitación

ANEXO “E”

Examen de evaluación sobre lectura de planos y registro de capacitación

ANEXO “F”

Plan de calibración de maquinaria

RESUMEN

El presente proyecto tiene por objetivo realizar el mejoramiento del proceso de fabricación del cabezal básico para pozo en la empresa ESPCT S.A. aplicando la metodología de ruta de la calidad. ESP Completion Technologies S.A. durante los últimos cinco años se ha dedicado a la fabricación y reparación de equipos utilizados en la completación de pozos de la industria del gas y petróleo, bajo estándares de fabricación y calidad API (American Petroleum Institute). Dada la necesidad de ser competitivos en esta industria, la empresa ESPCT requiere mejorar sus procesos y sus productos por lo que se ha propuesto realizar mejoras en la fabricación de uno de sus productos, el Cabezal Básico para Pozo. Una vez realizado el “Diagnóstico del proceso de fabricación del cabezal básico para pozo, en la empresa ESP Completion Technologies S.A. aplicando Ruta de la Calidad”, el presente proyecto trata del mejoramiento de este proceso, que se logra mediante la implementación de las alternativas de solución. La metodología de la Ruta de la Calidad, se define como la secuencia de actividades utilizadas para solucionar problemas o llevar a cabo mejoras en cualquier área de trabajo. Los pasos a utilizarse de la ruta en el presente proyecto son: selección de alternativas de solución, ejecución de las acciones establecidas y verificación de resultados.

PALABRAS CLAVES:

- **FABRICACIÓN**
- **CABEZAL BÁSICO**
- **DEFECTOS**
- **MEJORAMIENTO**
- **RUTA DE LA CALIDAD**

ABSTRACT

The present project has by object to perform the improvement of basic wellhead manufacturing process in ESPCT S.A. company applying the quality control story methodology.

ESP Completion Technologies S.A. during the last five years has dedicated to manufacturing and reparation of equipment used in the well completion in the gas and oil industry, under API (American Petroleum Institute) manufacturing and quality standards. Given the need of being competitive in this industry, ESPCT company requires to improve its process and its products therefore it has proposed to perform improvements in the manufacturing of one of their products, the basic wellhead. Once performed the “diagnosis of basic wellhead manufacturing process in ESPCT S.A. company applying the quality control story methodology”, the actual project deals the improvement of this process, which is achieved by the implantation of the solution alternatives.

The Quality Control Story methodology is defined as the sequence of activities used to solve problems or to make improvements in any work area.

The steps of the quality control story to be used in the present project are: selection of solution alternatives, execution of established actions and results verification.

KEY WORDS:

- **MANUFACTURING**
- **BASIC WELLHEAD**
- **DEFECTS**
- **IMPROVEMENT**
- **QUALITY CONTROL STORY.**

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1 Antecedentes

Después de treinta años de trabajar en la industria del petróleo y gas, específicamente en el área de producción, el actual presidente de la compañía fundó ESP Completion Technologies S.A (ESPCT), para cubrir varias necesidades de las empresas que se dedican al bombeo electro sumergible de crudo así como de las operadoras de producción.

ESPCT es una empresa que se dedica a la fabricación y reparación de equipos especiales para completación de pozos petroleros así como también de equipos de superficie; suministra una gran variedad de accesorios para aplicaciones en bombeo electro sumergible, además fabrica cabezales, adaptadores y otros accesorios relacionados con la industria del gas y petróleo, bajo estándares de la norma API 6A.

Entre los productos que se fabrican están los cabezales de producción conformados por varios componentes entre los que se mencionan secciones A y B, sección C (árboles de navidad), colgadores y adaptadores, etc. El presente proyecto está dirigido a realizar el mejoramiento del proceso de fabricación del “cabezal básico para pozo”, que es uno de los tipos de cabezal de mayor demanda para la empresa ESPCT. Este mejoramiento se presenta basándose en el proyecto de diagnóstico realizado previamente.

1.2 Justificación e importancia

Dada la necesidad de ser competitiva en su respectivo sector industrial, la empresa ESPCT requiere mejorar sus procesos y sus productos por lo que se ha propuesto realizar mejoras en la fabricación de uno de sus productos, el Cabezal Básico para Pozo.

En base del diagnóstico realizado al proceso de fabricación del cabezal básico para pozo, se debe diseñar e implementar las alternativas de solución seleccionadas para que la empresa se vuelva más competitiva dentro del ámbito nacional e internacional.

1.3 Definición del problema

El diagrama de pareto que se presenta a continuación muestra los productos de mayor impacto respecto a los ingresos de ESPCT S.A.:

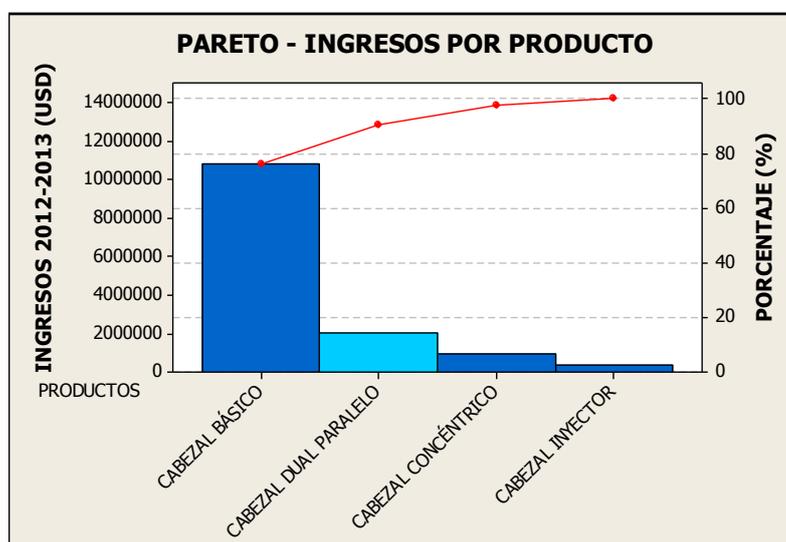


Figura 1. Pareto – Ingresos por producto.

En base a este diagrama, se selecciona el cabezal básico para pozo, equipo en el que se requiere controlar el cumplimiento de especificaciones técnicas durante su proceso de fabricación. Cuando no se cumplen las especificaciones, este no podrá ser entregado al cliente pues crearía insatisfacción y pérdida de imagen y mercado a la empresa. El frecuente incumplimiento de especificaciones técnicas durante el proceso de fabricación del cabezal, es el problema que motiva su mejoramiento.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Mejorar el proceso de fabricación del cabezal básico para pozo en la empresa ESPCT, aplicando ruta de la calidad.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Seleccionar alternativas de solución.
- Ejecutar las acciones seleccionadas.
- Evaluar los resultados obtenidos y retroalimentar.

1.5 Alcance

El presente proyecto implica un mejoramiento del proceso de fabricación del cabezal básico para pozo en la empresa ESPCT desde la selección de las alternativas de solución hasta la verificación de los resultados.

1.6 Metodología

La ejecución del presente trabajo conlleva una investigación y recopilación de datos e información que se analizan para seleccionar las alternativas de acción y atacar las causas previamente determinadas, lo cual requiere el uso de herramientas

Operativamente la metodología a emplearse en el presente proyecto es la denominada “Ruta de la Calidad”, en su segunda fase que comprende la selección y ejecución de alternativas de acción y la posterior evaluación de resultados.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

2.1 La ruta de la calidad

La ruta de la calidad es un método secuencial de actividades que se ejecutan para solucionar problemas o llevar a cabo mejoras en cualquier área de trabajo de las empresas.

Tabla 1.

Pasos de ruta de calidad

ITEM	PASO	HERRAMIENTAS/TÉCNICAS
1	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	DIAGRAMA DE PARETO
2	DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL	HISTOGRAMA
3	ANÁLISIS DE CAUSAS	LLUVIA DE IDEAS, DIAGRAMA DE CAUSA-EFECTO, DIAGRAMA DE DISPERSIÓN
4	PLANTEAMIENTO Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN	5W/1H, MATRIZ DE SELECCIÓN
5	EJECUCIÓN DE LAS ACCIONES ESTABLECIDAS	
6	VERIFICACIÓN DE RESULTADOS	

Fuente: (La Ruta de Calidad y las 7 Herramientas Básicas, 1996)

Para implementar la administración por calidad total en una empresa se requiere que los empleados desarrollen sus acciones de mejora a través de una metodología basada en el ciclo PHVA (planear, hacer, verificar y actuar), que se denomina “ruta de la calidad”. La ruta de la calidad proporciona un procedimiento basado en hechos y datos que está enfocado hacia la mejora.

La ruta de la calidad trabaja sobre la realidad actual para transformarla constantemente; esto exige la descripción precisa de los procesos en base a hechos y datos de esa realidad que se quiere transformar. Es necesario que el grupo que trabaje en la solución de problemas mantenga una cultura de datos y los utilice en sus análisis.

Para este análisis se pueden utilizar las 7 herramientas básicas, ya que con ellas se puede describir qué está pasando en realidad. A continuación se listan estas herramientas:

- Estratificación
- Hojas de datos
- Diagrama de causa-efecto
- Diagrama de Pareto
- Histograma
- Diagrama de dispersión
- Gráficas de control

Existe otro grupo de gráficas que se conocen como los métodos gráficos que representan la información de manera visual y facilitan su análisis. Aquí se incluyen las gráficas de barras, de líneas, de pastel, de banda y de radar.

Además de estas herramientas se requieren de algunas otras técnicas de apoyo para desarrollar los casos de ruta de la calidad, dichas técnicas son: la lluvia de ideas, las 5W/1H, el diagrama de flujo de proceso y el análisis de barreras.

Estas herramientas y técnicas se utilizan en los diferentes pasos de la ruta de la calidad, los cuales se detallan en los siguientes puntos.

En el presente proyecto de mejoramiento, se ejecutarán los siguientes pasos de la ruta de la calidad:

2.1.1 Selección de la alternativa de solución

Objetivo

El objetivo de este paso es seleccionar las acciones preventivas para evitar que el proceso sea afectado de nuevo por los efectos de las causas raíz. Además, se debe diseñar un plan de ejecución de dichas acciones.

Procedimiento

- Seleccionar las mejores alternativas de acción

A menudo las acciones implementadas para resolver el problema, generan efectos secundarios que no son deseados y se debe evitar que surjan. Si no es posible evitarlos, se deben implementar acciones para eliminar dichos efectos. Estas acciones a implementarse deben considerar los medios necesarios para realizarlas, validando todas las opciones posibles contra los objetivos y los medios con los que contamos.

- Diseñar el plan de ejecución de las acciones establecidas

Una vez que se hayan establecido las acciones, se diseña el plan de ejecución usando las 5W/1H. qué, en donde se deben mencionar las acciones preventivas que se deben ejecutar; quién lo hará, quién será el responsable; dónde se hará; cuándo, es la fecha que se tiene que cumplir; cómo, contendrá las actividades detalladas para lograr el qué.

- Diseñar un plan de recolección de datos

Es necesario contar con un programa específico de seguimiento del plan, que sirva para controlar la ejecución e ir recolectando datos, en el cual se indique: qué datos tomar, el responsable de la recolección, la frecuencia de recolección y la forma o método de recolección.

- Diseñar un plan de contingencias

Durante la ejecución de las medidas establecidas pueden ocurrir problemas o contingencias y es necesario establecer un plan para estos casos y así no permitir que se afecte el proceso de la ejecución.

Herramientas

- Matriz de selección

Es una herramienta que permite priorizar alternativas de solución en función de la ponderación de criterios que afectan a dichas alternativas.

Se utiliza cuando se requiere tomar decisiones más objetivas, o con base a criterios múltiples, además proporciona un enfoque lógico a la elección de un

conjunto de opciones. Así mismo es posible usarla para evaluar y disminuir una lista de soluciones potenciales para un problema.

- **5W / 1H**

Herramienta (What, Who, Why, Where, When and How) que ayuda a diseñar el plan de ejecución de las acciones establecidas, en donde se deben mencionar las acciones preventivas que se deben ejecutar; quién lo hará, quién será el responsable; dónde se hará; cuándo, es la fecha que se tiene que cumplir; cómo, contendrá las actividades detalladas para lograr el qué.

2.1.2 Ejecución de las acciones establecidas

Objetivo

En este paso de la ruta se debe obtener la información necesaria para que pueda darse un seguimiento a las actividades que se vayan ejecutando, vigilar su correcto cumplimiento y los resultados que vayan alcanzando.

Procedimiento

- **Comunicar las acciones establecidas**

Es importante asegurar que todas las personas que intervengan en la ejecución de las acciones conozcan bien lo que se va a hacer y por qué. El éxito de la ejecución dependerá de qué tan bien se involucre a las personas que participan en ella.

- **Proporcionar educación y entrenamiento**

Se debe proporcionar la educación necesaria para que la gente involucrada en cada acción entienda perfectamente qué se va a hacer y el por qué, es decir su importancia; por otra parte, se debe dar el entrenamiento que se requiera para asegurar la correcta ejecución de las acciones, sobre todo si se trata de procedimientos estándares de operación.

- Ejecutar las acciones establecidas

Al realizar todas las acciones se debe dar un seguimiento a los resultados tal y como se haya acordado en el plan de seguimiento. También se debe de asegurar que los procedimientos se están efectuando de acuerdo al estándar, de no ser así es necesario detectar las fallas y reentrenar a la gente.

- Recolectar los datos generados durante la ejecución

La información que permita conocer los resultados que se vayan obteniendo debe irse registrando, tal y como conste en el plan; en esta información está la base para el futuro análisis y la aplicación efectiva de la ruta de la calidad.

2.1.3 Verificación de los resultados

Objetivo

Este paso se va dando conjuntamente con el paso de la ejecución del plan de acción y el objetivo es ir verificando si cada acción fue hecha como se planteó, además de que cada resultado parcial debe ser verificado contra los parámetros planteados.

Procedimiento

- Analizar los resultados parciales obtenidosUna vez se hayan ejecutado las acciones, se verifican los resultados logrados para detectar si se llegó a la meta, o bien, si el grado de mejoramiento deseado se va a lograr; en caso contrario, se debe revisar que es lo que está fallando.
- Comparar los resultados finales contra la meta planeada
De acuerdo al indicador empleado para la meta, los resultados deben ser medidos para comprobar el cumplimiento de la misma.
- Comparar el antes con el después

Es preciso comprobar y analizar qué otros cambios han ocurrido en la realidad, para lo que es necesario comparar los datos sobre el problema (resultados indeseables en el proceso) tanto antes como después de haber emprendido las acciones, utilizando los mismos formatos y las mismas gráficas.

CAPITULO III

DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

3.1 Descripción de la empresa

3.1.1 Antecedentes históricos y constitución

ESP Completion Technologies S.A. es una empresa creada en el año 2007, con el fin de fabricar equipos especiales para completación y accesorios para aplicaciones de bombeo electro sumergible.

En el año 2008 obtiene la certificación ISO 9001:2000 para el “Diseño, fabricación y reparación de cabezales, válvulas, adaptadores y accesorios para la industria petrolera”.

Luego de dos años de haberse certificado bajo el sistema de gestión de calidad, en el mes de julio del año 2010 la empresa obtiene dos certificaciones internacionales: API SPEC Q1 (Specification for Quality Management System Requirements for Manufacturing Organizations for the Petroleum and Natural Gas Industry) aplicada para el “Diseño, fabricación y reparación de cabezales, válvulas, adaptadores y otros accesorios relacionados con la industria del gas y petróleo”, y API SPEC 6A (Specification for Wellhead and Christmas Tree Equipment) que dentro de su alcance se encuentran los siguientes productos:

- Casing and tubing head
- Cross-over Connectors
- Tubing head adapters
- Top connectors
- Adapter and spacer Spools

- Casing and tubing hanger
- Flanged Connectors
- Threaded connectors, todos los anteriores para PSL 1(product specification level) y PSL 2
- Bullplugs y,
- Valve removal Plugs.

Una vez obtenida la certificación de producto bajo la norma API SPEC 6A, la empresa ingresa a la competencia nacional e internacional en lo referente a la fabricación de cabezales y equipos para árboles de navidad usados en la industria del gas y el petróleo.

En agosto del 2012 se actualiza el sistema de calidad a ISO 9001:2008. En mayo del 2013 se realiza la actualización de la especificación API SPEC 6A, obteniendo la validación y re certificación de la especificación.

La constitución de la empresa es la siguiente:

Nombre de la Compañía: ESP Completion Technologies S.A.

Fecha de Constitución: 02 de abril del 2007.

Tipo de compañía: Sucursal Extranjera.

Nacionalidad: Panamá.

Objeto Social: Diseño, fabricación, comercialización y venta de equipo para levantamiento artificial en pozos petroleros y productos especiales asociados con bombas electro-sumergibles.

CIIU: B0910.02

3.1.2 Localización

Oficina de control:

Ciudad: Quito

Provincia: Pichincha

Dirección: Juan Gózales 35-26, Torres Viscaya P.2

Barrio: La Carolina

Planta de producción:

Ciudad: Quito

Provincia: Pichincha

Dirección: La Industrial Oe8-163 y Eucaliptos

Barrio: Cochapamba Norte

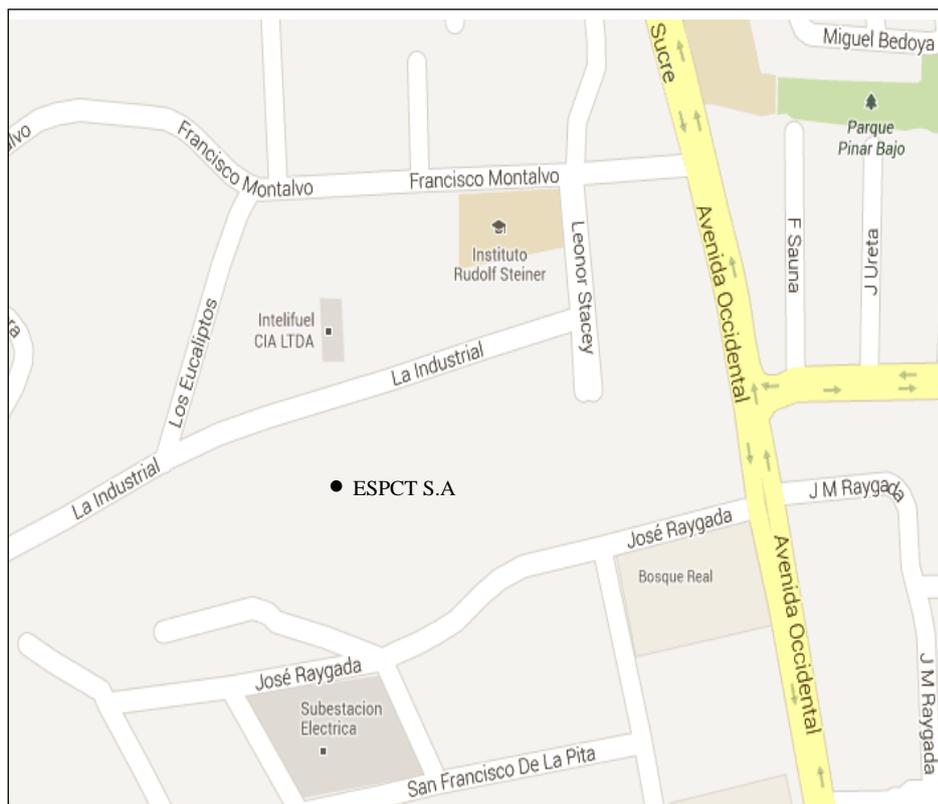


Figura 2. Ubicación geográfica de ESPCT

Fuente: (Google Maps, 2013)

3.1.3 Organigrama

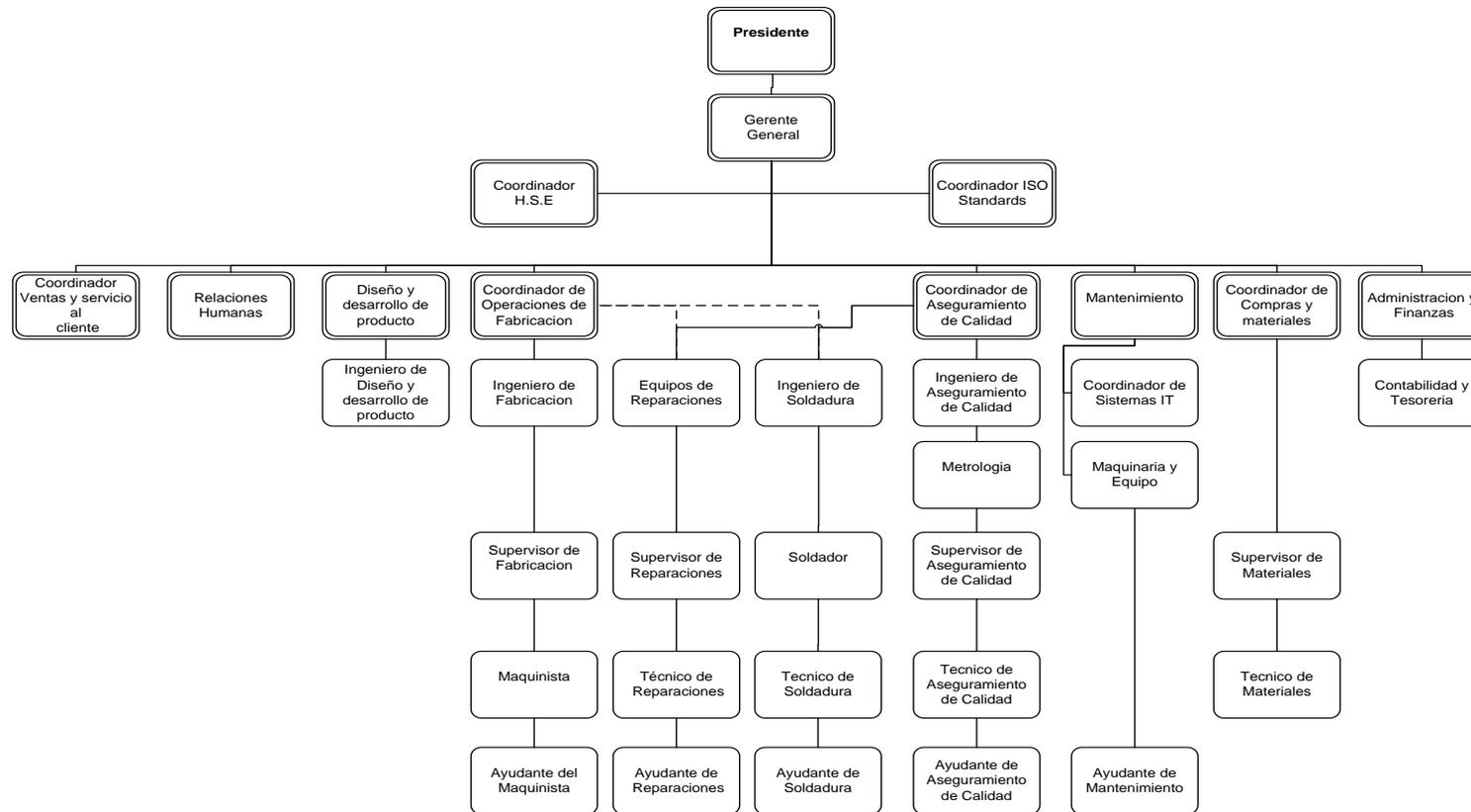


Figura 3. Organigrama ESPCT

3.1.4 Personal

El personal directivo está conformado por el presidente y el gerente general.

El personal operativo está conformado por 40 empleados, de los cuales aproximadamente el 25% tienen educación superior, el 25% en tecnologías, el 45% educación secundaria, y el 5% educación primaria.

El personal administrativo está conformado por 15 empleados.

3.1.5 Productos y servicios

Las líneas de trabajo en ESPCT se dividen en dos grupos, el primero corresponde a la fabricación de cabezales y sus componentes según API SPEC 6A, herramientas y accesorios y el segundo abarca la reparación de equipos de completación para pozos de petróleo y gas.

Entre los principales componentes de los cabezales se encuentran los siguientes:

- Casing Heads
- Casing Spools
- Casing Hangers
- Tubing Heads
- Tubing Hangers
- Mandrel Hanger
- Tubing Head Adapters
- Tees and Crosses
- Flanges

Entre las principales herramientas y accesorios se encuentran las siguientes:

- BOP (blowout preventers) Test Plugs
- Reducer Bushings
- Bull Plugs
- Vr Plugs

- Back Pressure Valves and Two Way Check Valves
- Lubricator Lubricator Tools
- Ring Gaskets
- Nipples
- Studs and Nuts

Los servicios que presta ESPCT son de mantenimiento y reparación de cabezales y sus componentes, herramientas y accesorios.

3.1.6 Cadena de valor y mapa de procesos

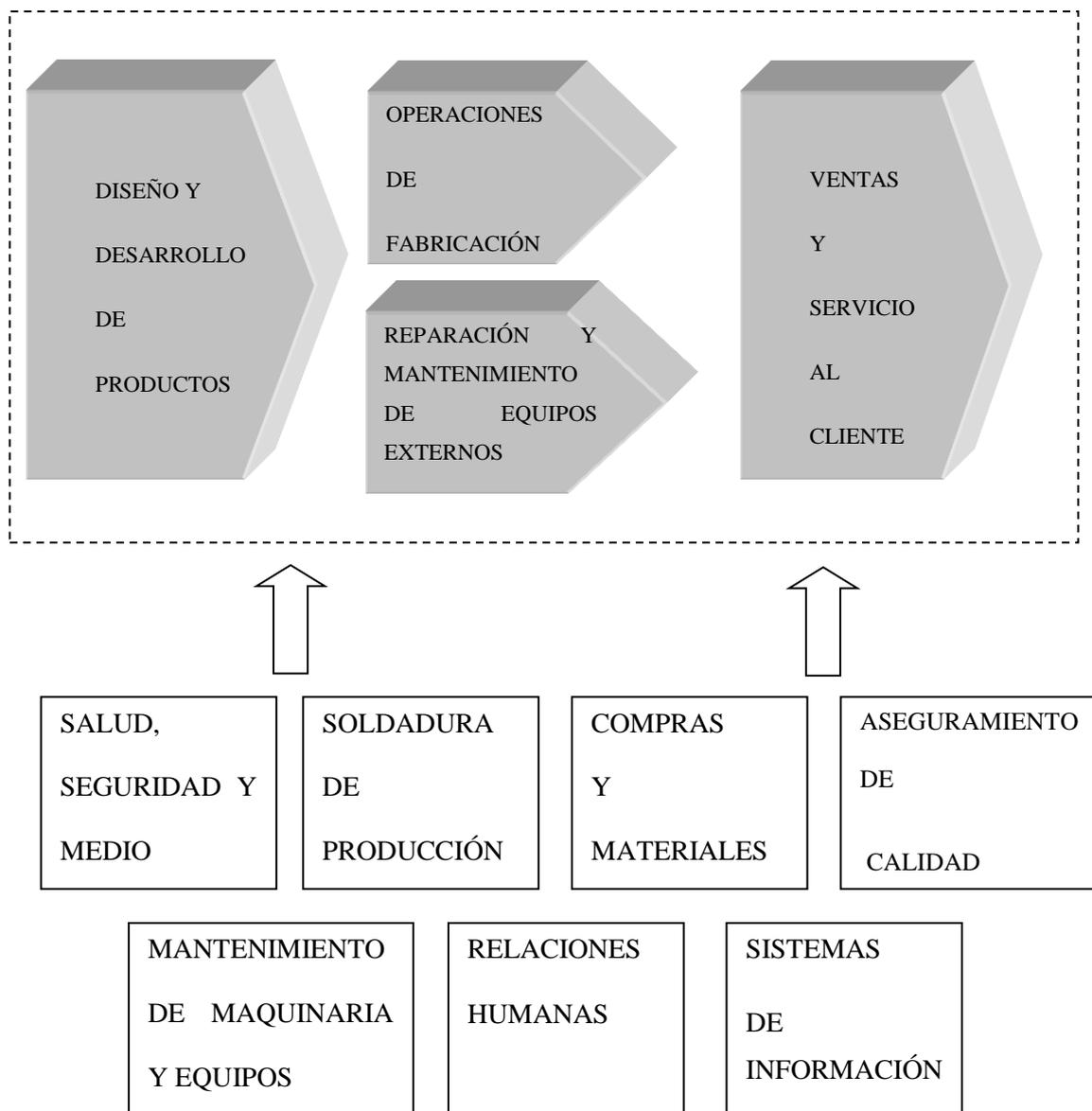


Figura 4. Cadena de valor de ESPCT.

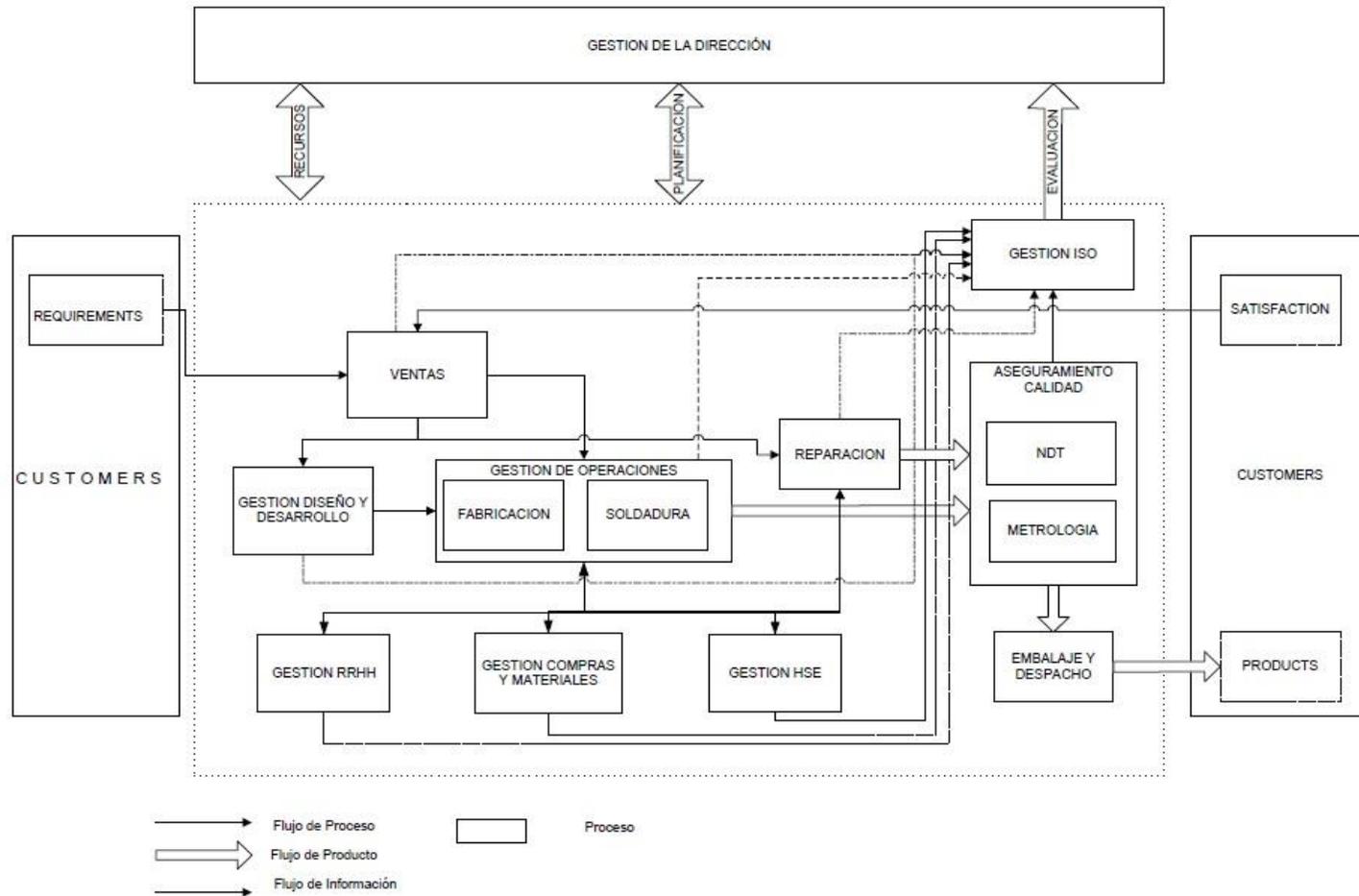


Figura 5. Mapa de procesos de ESPCT

3.1.7 Clientes

Entre los principales clientes de ESPCT, se encuentran las siguientes empresas del sector petrolero:

- Halliburton
- Schlumberger
- Baker Hughes
- Enap-Sipac
- Pet Gas
- Agip
- Petroamazonas EP
- Andes Petroleum Ecuador Ltd.

CAPITULO IV

IMPLEMENTACIÓN DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN Y VERIFICACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Selección de alternativas de solución

En base de las alternativas planteadas en el proyecto 1 y con ayuda de una matriz, a continuación se seleccionan las acciones a ejecutarse para atacar las causas que generan el incumplimiento de especificaciones en la fabricación del cabezal básico para pozo.

4.1.1 Causa: “instrumentos de medición inadecuados”

Mediante una matriz de selección se escogen las alternativas que se implementarán.

Los criterios acordados para el análisis son: costo, tiempo y facilidad de implementación. A continuación se asigna una ponderación a cada uno de los criterios, mediante el empleo de la siguiente escala:

- 1 = muy poco importante
- 2 = poco importante
- 3 = importancia media
- 4 = algo importante
- 5 = muy importante

Tabla 2.

Ponderación de criterios

CRITERIOS	PONDERACIÓN
Costo de Implementación	2
Tiempo de Implementación	5
Facilidad de Implementación	3

Se establece el puntaje para cada alternativa en base a la siguiente escala y se realiza la ponderación de las alternativas para instrumentos de medición inadecuados:

1 = extra bajo	6 = poco alto
2 = muy bajo	7 = alto
3 = bajo	8 = muy alto
4 = poco bajo	9 = extra alto
5 = medio	

Tabla 3.

Ponderación de alternativas instrumentos de medición inadecuados

ALTERNATIVAS	Costo de implementación		Tiempo de implementación		Facilidad de implementación		Puntaje
	Ponderación						
	2		5		3		
Adquirir equipos adicionales para mediciones de diámetros y longitudes	6	12	8	40	7	21	73
Alquilar equipos adicionales para mediciones de diámetros y longitudes	3	6	2	10	5	15	31
Reasignar los equipos existentes para diámetros y longitudes	7	14	8	40	2	6	60
Tercerizar las mediciones de diámetro y longitudes	2	4	2	10	2	6	20

Luego de realizar la ponderación de las alternativas se observa que la que obtiene el mayor puntaje es la de adquirir equipos adicionales para mediciones de diámetros y longitudes.

4.1.2 Causa: “incumplimiento del cursograma”

Selección de alternativa de solución para incumplimiento de cursograma.

Se realiza el cálculo del puntaje para cada alternativa.

Tabla 4.

Ponderación de alternativas incumplimiento de cursograma

ALTERNATIVAS	Costo de implementación		Tiempo de implementación		Facilidad de implementación		Puntaje
	Ponderación						
	2		5		3		
Dictar capacitación interna a los maquinistas sobre el uso de cursogramas	8	16	5	25	7	21	62
Dictar capacitación externa a los maquinistas sobre el uso de cursogramas	3	6	5	25	6	18	49

La alternativa a implementarse es: dictar capacitación interna a los maquinistas sobre el uso de cursogramas.

4.1.3 Causa: “mala interpretación del plano”

La solución es implementar un examen de aprobación del curso previo a la certificación en lectura de planos.

4.1.4 Causa: “falta de calibración de maquinaria”

Selección de alternativa de solución para incumplimiento de cursograma.

Se realiza el cálculo del puntaje para cada alternativa.

Tabla 5.

Ponderación de alternativas falta de calibración de maquinaria

ALTERNATIVAS	Costo de implementación		Tiempo de implementación		Facilidad de implementación		Puntaje
	Ponderación						
	2		5		3		
Elaborar internamente un plan de calibración de maquinaria	7	14	6	30	5	15	59
Contratar externamente la elaboración de un plan de calibración de maquinaria	3	6	4	20	4	20	46

La alternativa a implementarse es: elaborar internamente un plan de calibración de maquinaria.

4.2 Implementación de la alternativa de solución

Mediante la herramienta de 5W/1H, a continuación de se definen las acciones del plan de ejecución.

4.2.1 Alternativa: “adquirir equipos adicionales para mediciones de diámetros y longitudes”

Causa: Instrumentos de medición inadecuados.

Causa raíz: No existen los suficientes instrumentos adecuados para mediciones de diámetro y longitud.

¿Qué se va a hacer?: Adquirir equipos adicionales para mediciones de diámetros y longitudes.

¿Quién lo hará?: Coordinador de compras y materiales.

¿Dónde?: Proveedores calificados.

¿Por qué?: Es necesario tener equipos adecuados y suficientes para las mediciones.

¿Cuándo?: Hasta finales del mes de junio del 2013.

¿Cómo?: Según procedimiento P-ESPCT-740 Compras.

En el anexo C se encuentran la requisición, orden de compra e historiales de

equipos de medición, relacionados con esta implementación.

4.2.2 Alternativa: “dictar capacitación interna a los maquinistas sobre el uso de cursogramas”

Causa: Incumplimiento del cursograma.

Causa raíz: El maquinista no ha recibido capacitación sobre el uso de cursogramas.

¿Qué se va a hacer?: Dictar capacitación interna a los maquinistas sobre el uso de cursogramas.

¿Quién lo hará?: Ingeniero de fabricación.

¿Dónde?: Planta de producción de ESPCT.

¿Por qué?: Es necesario que los maquinistas tengan conocimiento suficiente sobre el manejo de cursogramas.

¿Cuándo?: Hasta finales del mes de junio del 2013.

¿Cómo?: Mediante una capacitación para cada turno de trabajo, dictada y evaluada por el ingeniero de fabricación, tiempo aproximado dos horas.

En el anexo D se encuentra el examen de evaluación sobre el uso de cursogramas y el registro de capacitación.

4.2.3 Alternativa: “implementar un examen de aprobación del curso previo a la certificación en lectura de planos”

Causa: Mala interpretación del plano.

Causa raíz: Se certificó la aprobación del curso en lectura de planos únicamente con la asistencia del maquinista.

¿Qué se va a hacer?: Implementar un examen de aprobación del curso previo a la certificación en lectura de planos.

¿Quién lo hará?: Ingeniero de fabricación.

¿Dónde?: Planta de producción ESPCT.

¿Por qué?: Es necesario que los maquinistas validen sus conocimientos en lectura de planos.

¿Cuándo?: Hasta mediados del mes de julio del 2013.

¿Cómo?: Mediante una capacitación para cada turno de trabajo, dictada y evaluada por el ingeniero de fabricación, tiempo aproximado dos horas.

En el anexo E se encuentra el examen de evaluación sobre lectura de planos y el registro de capacitación.

4.2.4 Alternativa: “elaborar y ejecutar internamente un plan de calibración de maquinaria”

Causa: Falta de calibración de maquinaria.

Causa raíz: No existe un plan de calibración de maquinaria.

¿Qué se va a hacer?: Elaborar y ejecutar internamente un plan de calibración de maquinaria.

¿Quién lo hará?: Ingeniero de mantenimiento.

¿Dónde?: Planta de producción de ESPCT.

¿Por qué?: Es necesario tener maquinaria confiable para cumplir con las especificaciones.

¿Cuándo?: Hasta finales del mes de julio del 2013.

¿Cómo?: Mediante la elaboración y el cumplimiento del plan de calibración de maquinaria por parte del ingeniero de mantenimiento.

En el anexo F se encuentra el plan de calibración de maquinaria.

4.3 Evaluación de resultados

A continuación se presenta el registro de defectos en componentes desde agosto del 2013 hasta diciembre del 2013, obtenidos de los datos del formato del anexo A (registro de elementos procesados no liberados):

Tabla 6.**Defectos en componentes**

ITEM	COMPONENTE	DESCRIPCIÓN DE LA FALLA (ORIGEN)	DESCRIPCIÓN DE LA FALLA	FALLA / DEFECTO	SECCIÓN	MÁQUINA O HERRAMIENTA INVOLUCRADA	TURNO	MES	AÑO
1	TUBING HEAD 9-5/8"	Diámetro interior fuera de tolerancia	Diámetro interior fuera de tolerancia	DIÁMETRO FUERA DE TOLERANCIA	B	T4	DÍA	AGOSTO	2013
2	TUBING HANGER 11" x 4-1/2"	Una longitud está fuera de tolerancia	Longitud total fuera de tolerancia	LONGITUD FUERA DE TOLERANCIA	C	T3	DÍA	AGOSTO	2013
3	BULL PLUG 2"	Diámetro interior fuera de tolerancia	Diámetro interior fuera de tolerancia	DIÁMETRO FUERA DE TOLERANCIA	B	T2	DÍA	SEPTIEMBRE	2013
4	BULL PLUG 2"	Roscado fuera de tolerancia	Rosca fuera de tolerancia	ROSCAS FUERA DE TOLERANCIA	B	ST1	NOCHE	SEPTIEMBRE	2013
5	COMPANION FLANGE 2-1/16"	Roscado fuera de tolerancia	Rosca fuera de tolerancia	ROSCAS FUERA DE TOLERANCIA	C	T1	DÍA	SEPTIEMBRE	2013
6	CASING HEAD 13-3/8"	Logintud de un diámetro interior está fuera de tolerancia	Longitud fuera de tolerancia	LONGITUD FUERA DE TOLERANCIA	A	T4	DÍA	SEPTIEMBRE	2013
7	COMPANION FLANGE 2-1/16"	Diámetro exterior fuera de tolerancia	Diámetro exterior fuera de tolerancia	DIÁMETRO FUERA DE TOLERANCIA	B	T1	DÍA	SEPTIEMBRE	2013
8	TUBING HEAD 9-5/8"	Roscado fuera de tolerancia	Rosca fuera de tolerancia	ROSCAS FUERA DE TOLERANCIA	B	TR1	DÍA	SEPTIEMBRE	2013
9	COMPANION FLANGE 2-1/16"	Roscado fuera de tolerancia	Rosca fuera de tolerancia	ROSCAS FUERA DE TOLERANCIA	B	ST1	NOCHE	OCTUBRE	2013
10	TREE CAP ADAPTER 4-1/16"	Medida en un canal fuera de tolerancia.	Medida en un canal fuera de tolerancia.	CANALES PARA SELLOS FUERA DE TOLERANCIA	C	T1	DÍA	OCTUBRE	2013
11	TUBING HEAD 9-5/8"	Una longitud está fuera de tolerancia	Longitud total fuera de tolerancia	LONGITUD FUERA DE TOLERANCIA	B	T4	DÍA	OCTUBRE	2013
12	COMPANION FLANGE 2-1/16"	Diámetro interior fuera de tolerancia	Diámetro interior fuera de tolerancia	DIÁMETRO FUERA DE TOLERANCIA	B	T2	NOCHE	OCTUBRE	2013
13	BULL PLUG 2"	Fisuras en superficie exterior	Material fuera de especificación	MATERIAL DEFECTUOSO	A	T2	DÍA	NOVIEMBRE	2013
14	TUBING ADAPTER BODY 11"	Diámetro interior fuera de tolerancia	Diámetro interior fuera de tolerancia	DIÁMETRO FUERA DE TOLERANCIA	C	T3	NOCHE	NOVIEMBRE	2013

CONTINÚA



ITEM	COMPONENTE	DESCRIPCIÓN DE LA FALLA (ORIGEN)	DESCRIPCIÓN DE LA FALLA	FALLA / DEFECTO	SECCIÓN	MÁQUINA O HERRAMIENTA INVOLUCRADA	TURNOS	MES	AÑO
15	TUBING HEAD 9-5/8"	Una longitud está fuera de tolerancia	Longitud fuera de tolerancia	LONGITUD FUERA DE TOLERANCIA	B	T4	DÍA	NOVIEMBRE	2013
16	TUBING HANGER 11" x 4-1/2"	ID de rosca de la BPV fuera de tolerancia	Rosca fuera de tolerancia	ROSCAS FUERA DE TOLERANCIA	C	T3	DÍA	NOVIEMBRE	2013
17	TUBING HEAD 9-5/8"	Medida en un canal fuera de tolerancia.	Medida en un canal fuera de tolerancia.	CANALES PARA SELLOS FUERA DE TOLERANCIA	B	T4	DÍA	NOVIEMBRE	2013
18	NIPPLE 2"	Diámetro exterior fuera de tolerancia	Diámetro exterior fuera de tolerancia	DIÁMETRO FUERA DE TOLERANCIA	B	T1	DÍA	DICIEMBRE	2013
19	NIPPLE 2"	Longitud total fuera de tolerancia	Longitud fuera de tolerancia	LONGITUD FUERA DE TOLERANCIA	B	T2	NOCHE	DICIEMBRE	2013
20	CASING HEAD 13-3/8"	Diámetro interior fuera de tolerancia	Diámetro interior fuera de tolerancia	DIÁMETRO FUERA DE TOLERANCIA	A	T4	DÍA	DICIEMBRE	2013
21	TUBING ADAPTER BODY 11"	Fisuras en superficie de ring gasket.	Material fuera de especificación	MATERIAL DEFECTUOSO	C	T3	NOCHE	DICIEMBRE	2013
22	TREE CAP ADAPTER 4-1/16"	Fisuras en superficie exterior	Material fuera de especificación	MATERIAL DEFECTUOSO	C	T1	DÍA	DICIEMBRE	2013
F1 = FRESADORA 1		ST1 = SMART TURN CN		T3 = TORNO 3		TR2 = TALADRO RADIAL 2			
F2 = FRESADORA 2		T1 = TORNO 1		T4 = TORNO 4		TV = TORNO VERTICAL			
M1 = MANDRINADORA 1		T2 = TORNO 2		TR1 = TALADRO RADIAL 1					

A continuación se realiza el cálculo de los indicadores del proceso de fabricación del cabezal básico para pozo, en base a la información del tablero de indicadores del anexo B.

Cálculo del porcentaje de componentes reprocesados

Todos los componentes de la Tabla 6 fueron reprocesados, a excepción de:

Tabla 7.

Componentes no reprocesados

ITEM	COMPONENTE	DESCRIPCIÓN DE LA FALLA (ORIGEN)	DESCRIPCIÓN DE LA FALLA	FALLA / DEFECTO	SECCIÓN	MÁQUINA O HERRAMIENTA INVOLUCRADA	TURNO	MES	AÑO
21	TUBING ADAPTER BODY 11"	Fisuras en superficie de ring gasket.	Material fuera de especificación	MATERIAL DEFECTUOSO	C	T3	NOCHE	DICIEMBRE	2013

Tabla 8.

Porcentaje de componentes reprocesados

Año	Mes	# total de cabezales básicos fabricados	# de componentes fabricados	# de componentes reprocesados	% de componentes reprocesados
2013	Agosto	2	154	2	1.3%
2013	Septiembre	8	616	6	1.0%
2013	Octubre	5	385	4	1.0%
2013	Noviembre	5	385	5	1.3%
2013	Diciembre	6	463	4	0.9%
			2003	21	1.0%

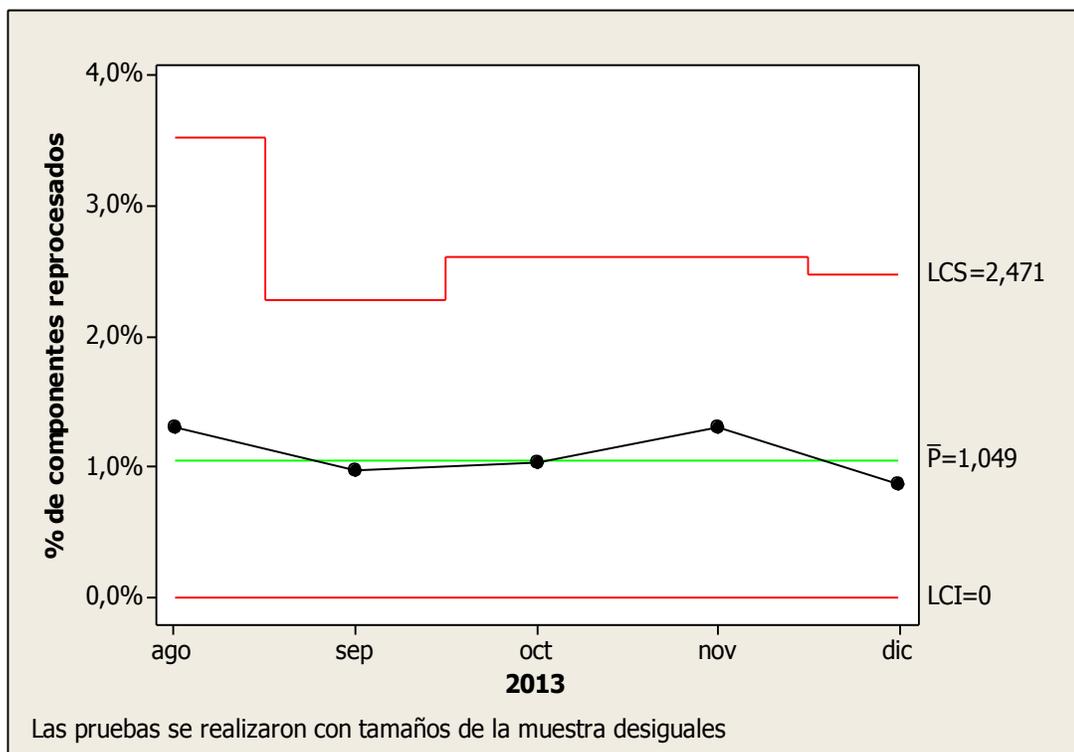


Figura 6. Porcentaje de componentes reprocesados

En la figura 6, se observa que en todos los meses del periodo de evaluación el indicador de porcentaje de componentes reprocesados cumple con la meta de 1,5%.

Además se observa que el proceso se encuentra bajo control estadístico.

Cálculo de porcentaje de cabezales conformes.

Tabla 9.

Porcentaje de cabezales conformes

Año	Mes	# total de cabezales básicos ensamblados	# total de cabezales básicos conformes	% de cabezales conformes
2013	Agosto	2	2	100.0%
2013	Septiembre	8	8	100.0%
2013	Octubre	5	5	100.0%
2013	Noviembre	5	5	100.0%
2013	Diciembre	6	6	100.0%
		26	26	100.0%

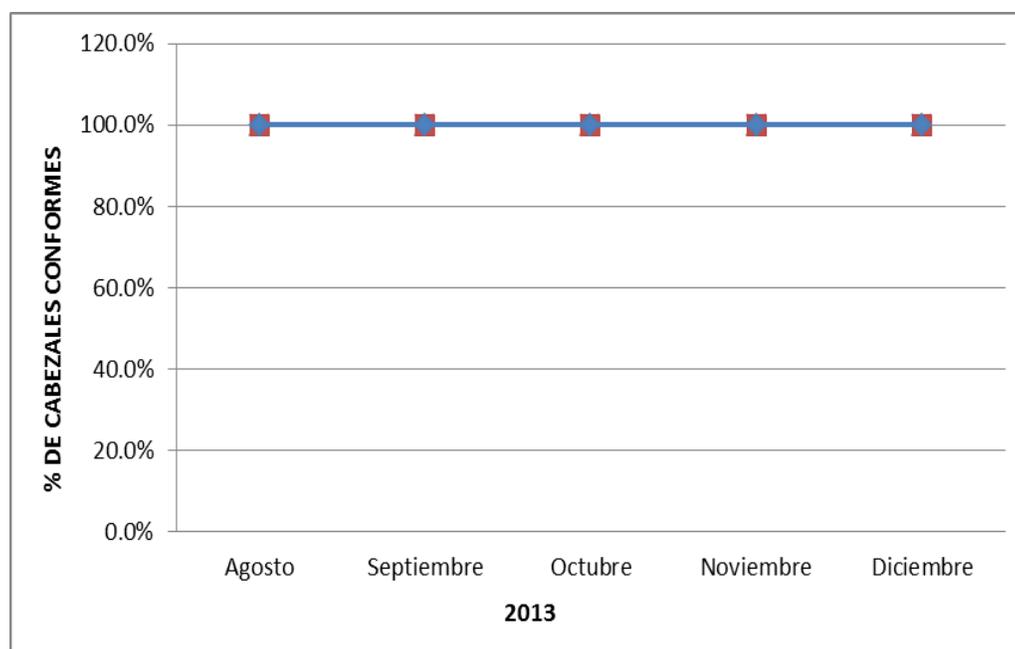


Figura 7. Porcentaje de cabezales conformes

En la figura 7, se observa que en todos los meses del periodo de evaluación el indicador de porcentaje de cabezales conformes cumple con la meta de 100%.

Cálculo de porcentaje de ensambles de secciones A conformes.

Tabla 10.

Porcentaje de ensambles de secciones A conformes

Año	Mes	# total de cabezales básicos ensamblados	# total de ensambles de secciones A fabricadas	# total de ensambles de secciones A conformes	% de ensambles de secciones A conformes
2013	Agosto	2	2	2	100.0%
2013	Septiembre	8	8	8	100.0%
2013	Octubre	5	5	5	100.0%
2013	Noviembre	5	5	5	100.0%
2013	Diciembre	6	6	6	100.0%
			26	26	100.0%

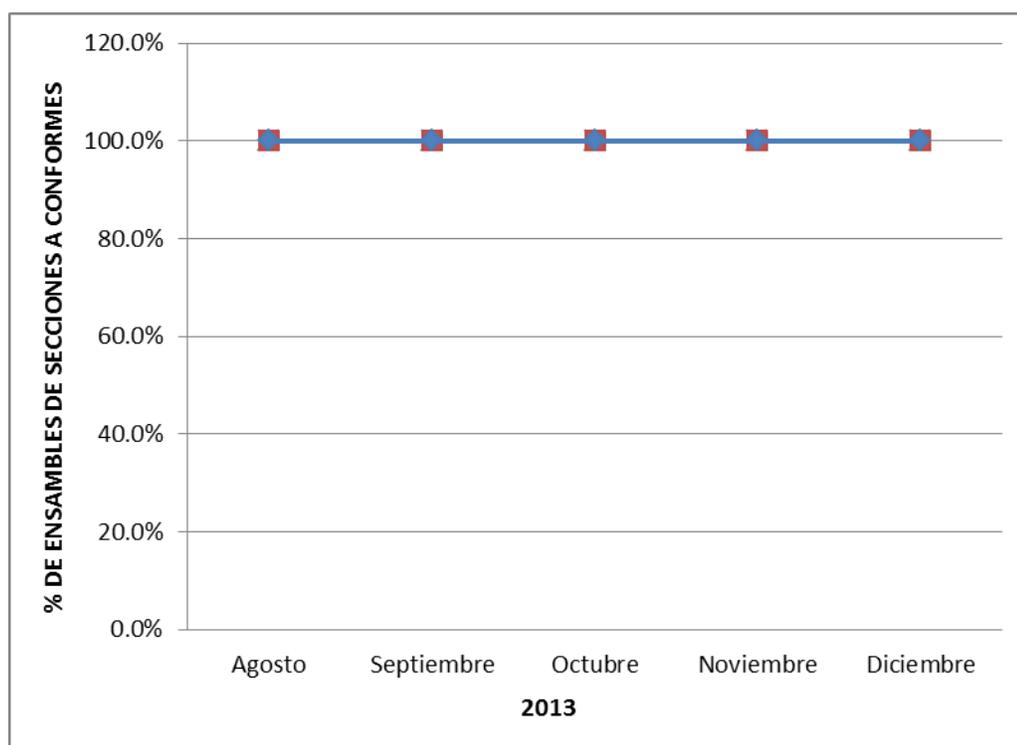


Figura 8. Porcentaje de ensambles de secciones A conformes

En la figura 8, se observa que en todos los meses del periodo de evaluación el indicador de porcentaje de ensambles de secciones A conformes cumple con la meta de 100%.

Cálculo de porcentaje de ensambles de secciones B conformes.

Tabla 11.

Porcentaje de ensambles de secciones B conformes

Año	Mes	# total de cabezales básicos ensamblados	# total de ensambles de secciones B fabricadas	# total de ensambles de secciones B conformes	% de ensambles de secciones B conformes
2013	Agosto	2	2	2	100.0%
2013	Septiembre	8	8	8	100.0%
2013	Octubre	5	5	5	100.0%
2013	Noviembre	5	5	5	100.0%
2013	Diciembre	6	6	6	100.0%
			26	26	100.0%

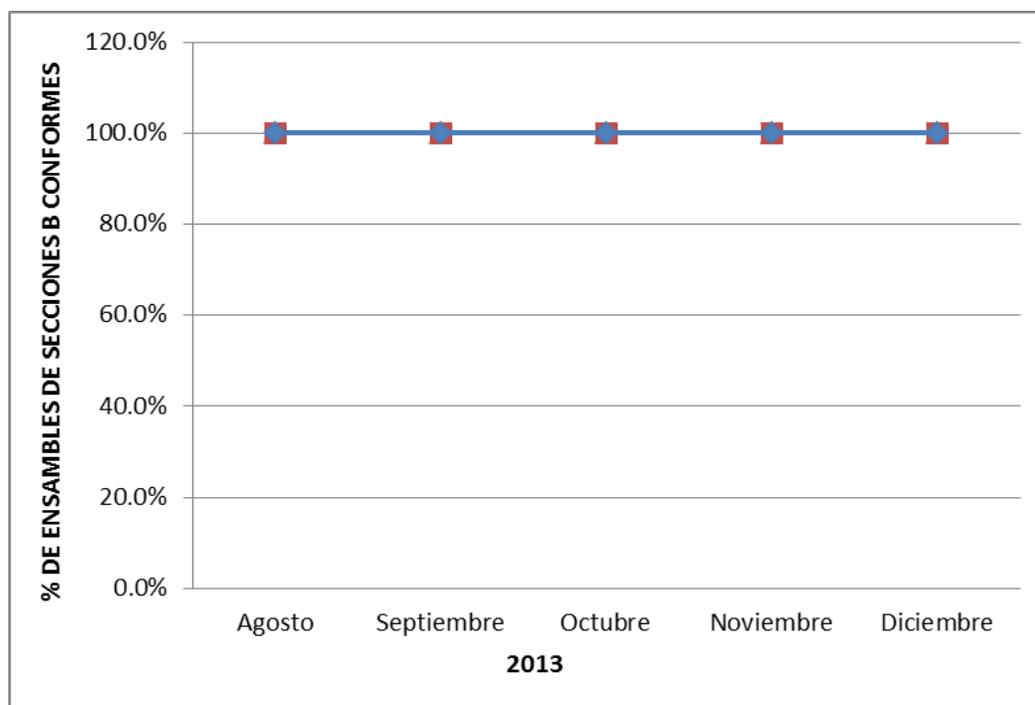


Figura 9. Porcentaje de ensambles de secciones B conformes

En la figura 9, se observa que en todos los meses del periodo de evaluación el indicador de porcentaje de ensambles de secciones B conformes cumple con la meta de 100%.

Cálculo de porcentaje de ensambles de secciones C conformes.

Tabla 12.

Porcentaje de ensambles de secciones C conformes

Año	Mes	# total de cabezales básicos ensamblados	# total de ensambles de secciones C fabricadas	# total de ensambles de secciones C conformes	% de ensambles de secciones C conformes
2013	Agosto	2	2	2	100.0%
2013	Septiembre	8	8	8	100.0%
2013	Octubre	5	5	5	100.0%
2013	Noviembre	5	5	5	100.0%
2013	Diciembre	6	6	6	100.0%
			26	26	100.0%

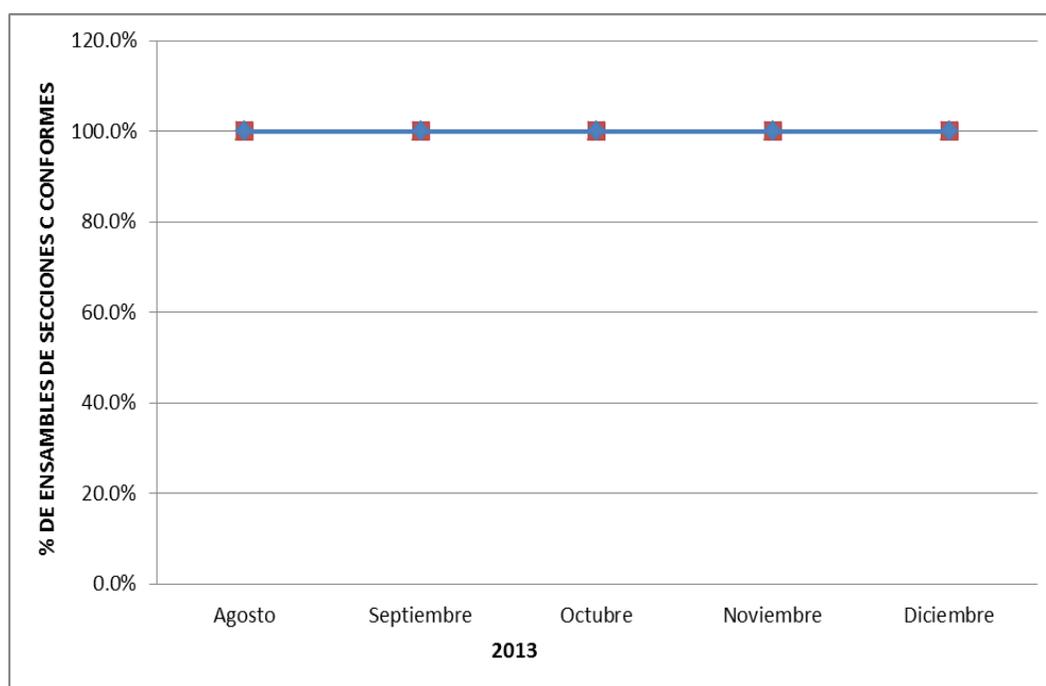


Figura 10. Porcentaje de ensambles de secciones C conformes

En la figura 10, se observa que en todos los meses del periodo de evaluación el indicador de porcentaje de ensambles de secciones C conformes cumple con la meta de 100%.

Cálculo de porcentaje de componentes defectuosos

Tabla 13.

Porcentaje de componentes defectuosos

Año	Mes	# total de cabezales básicos fabricados	# de componentes fabricados	# de componentes defectuosos	% de componentes defectuosos
2013	Agosto	2	154	2	1.3%
2013	Septiembre	8	616	6	1.0%
2013	Octubre	5	385	4	1.0%
2013	Noviembre	5	385	5	1.3%
2013	Diciembre	6	463	5	1.1%
			2003	22	1.1%

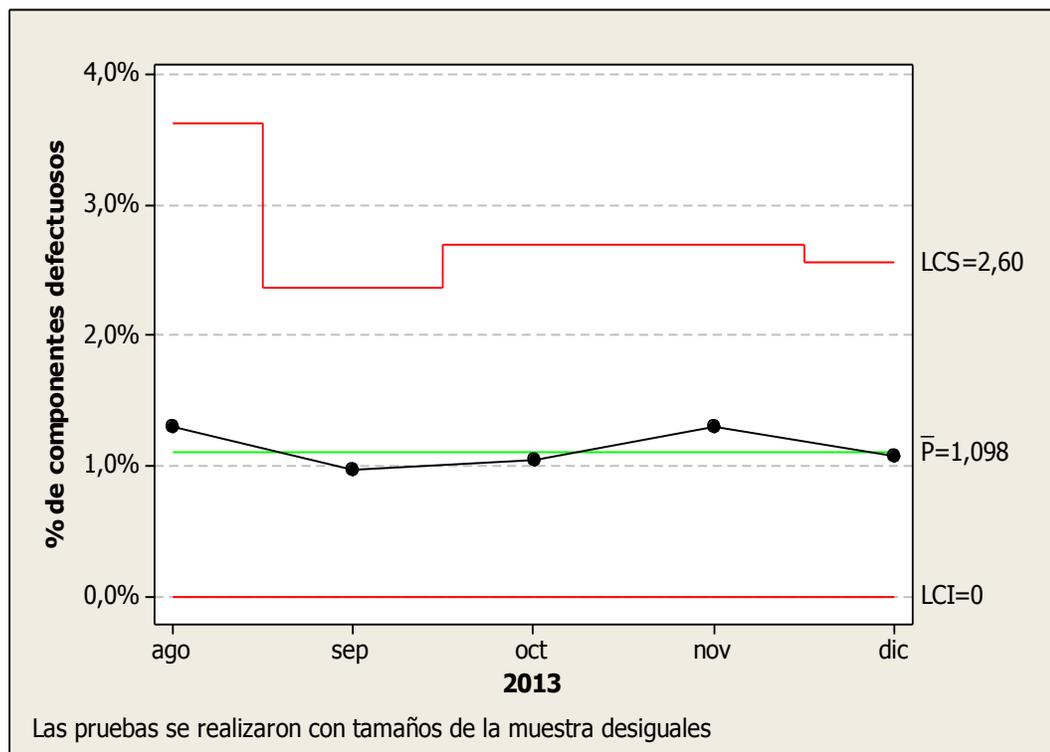


Figura 11. Porcentaje de componentes defectuosos

En la figura 11, se observa que en todos meses del periodo de evaluación el indicador de porcentaje de componentes defectuosos cumple con la meta de 1.5%.

Además se observa que el proceso se encuentra bajo control estadístico.

A continuación se presentan los datos antes y después de la implementación del proyecto de mejoramiento:

Tabla 14.

Indicadores en el periodo de diagnóstico

DIAGNÓSTICO																
Indicador	Valor Indicador 2012-2013 (%)													Promedio	Meses Evaluados	Meses meta cumplida
	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.				
% de componentes reprocesados	1.9	1.0	1.0	1.9	1.3	1.8	2.3	1.7	0.8	0.8	1.6	1.3	1.4	12	6	
	NC	C	C	NC	C	NC	NC	NC	C	C	NC	C				
% de cabezales conformes	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	12	12	
	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C				
% de ensambles de secciones A conformes	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	12	12	
	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C				
% de ensambles de secciones B conformes	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	12	12	
	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C				
% de ensambles de secciones C conformes	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	12	12	
	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C				
% de componentes defectuosos	1.9	1.3	1.0	1.9	1.3	1.8	2.3	1.7	1.0	0.8	1.6	1.3	1.4	12	6	
	NC	C	C	NC	C	NC	NC	NC	C	C	NC	C				

C: CUMPLE; NC: NO CUMPLE

En la tabla 14, se observa que en el diagnóstico que se realizó en el proyecto 1, los indicadores % de componentes reprocesados y defectuosos cumplen con la meta en 6 de los 12 meses evaluados. Además se observa que los indicadores restantes cumplen con la meta en todos los meses de evaluación.

Tabla 15.**Indicadores en el periodo de mejoramiento.**

MEJORAMIENTO								
Indicador	Valor Indicador 2013 (%)						Meses Evaluados	Meses meta cumplida
	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Promedio		
% de componentes reprocesados	1.3	1.0	1.0	1.3	0.9	1.0	5	5
	C	C	C	C	C			
% de cabezales conformes	100	100	100	100	100	100	5	5
	C	C	C	C	C			
% de ensambles de secciones A conformes	100	100	100	100	100	100	5	5
	C	C	C	C	C			
% de ensambles de secciones B conformes	100	100	100	100	100	100	5	5
	C	C	C	C	C			
% de ensambles de secciones C conformes	100	100	100	100	100	100	5	5
	C	C	C	C	C			
% de componentes defectuosos	1.3	1.0	1.0	1.3	1.1	1.1	5	5
	C	C	C	C	C			
C: CUMPLE								

En la tabla 15, se observa que con la implementación del plan de ejecución se alcanzó el mejoramiento en el proceso de fabricación del cabezal básico para pozo, puesto que todos los indicadores cumplen con la meta establecida en cada uno de los meses evaluados.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Se ha cumplido con el objetivo general del proyecto, pues se mejoró el proceso de fabricación del cabezal básico para pozo en la empresa ESPCT, aplicando ruta de la calidad.

- Los indicadores de “porcentaje de componentes reprocesados” y “porcentaje de componentes defectuosos” se redujeron de 1.4% a 1.0% y de 1.4% a 1.1% respectivamente luego de la implementación durante el período de evaluación, lo que equivale a una reducción del 24.7% en componentes reprocesados, y del 23.2% en componentes defectuosos.

- Los indicadores de porcentaje de componentes reprocesados y porcentaje de componentes defectuosos en la etapa de diagnóstico cumplían con la meta al 50% en los meses evaluados. Luego del mejoramiento del proceso estos indicadores cumplieron al 100% con la meta en el periodo de evaluación.

- Los indicadores % de cabezales conformes y % de ensambles de secciones (A, B, C) conformes del proceso de fabricación del cabezal básico para pozo cumplen con la meta en cada uno de los meses evaluados.

- El proceso de fabricación se encuentra bajo control estadístico de acuerdo al análisis del gráfico de control respectivo.

5.2 Recomendaciones

- Identificar nuevas oportunidades de mejora en el proceso de fabricación para el planteamiento y ejecución de nuevos proyectos.
- Utilizar la metodología de la Ruta de la Calidad para continuar con el mejoramiento de los diferentes procesos de la empresa.
- Continuar con planes de entrenamiento al personal de la empresa.
- Revisar anualmente y de ser factible actualizar las metas de los indicadores del proceso de fabricación.

BIBLIOGRAFÍA / REFERENCIAS

American Petroleum Institute. (2010). API SPEC 6A: Specification for Wellhead and Christmas Tree Equipment. Washington D.C.

American Petroleum Institute. (2013). API SPEC Q1. Specification for Quality Management System Requirements for Manufacturing Organizations for the Petroleum and Natural Gas Industry. Washington D.C.

Andriani, C. S., Biasca, R. E., & Rodríguez Martínez, M. (2003). *El nuevo sistema de gestión para las pymes: un reto para las empresas latinoamericanas*. México: Norma.

González González, C. (1996). *Calidad total*. México: McGraw-Hill.

Gustavo, D. (n.d.). *Como hacer indicadores de calidad y Productividad En la empresa*. Francisco Etchelecu.

Gutiérrez Pulido, H., & Vara Salazar, R. de la. (2004). *Control estadístico de calidad y seis sigma*. México: McGraw-Hill.

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Centro de Calidad. (1996). *La ruta de la calidad y las siete herramientas básicas*. ITESM.

Kume, H., & Kume, E. V., Hitoshi. (2002). *Herramientas estadísticas básicas para el mejoramiento de la calidad*. Editorial Norma.

Pacheco, J. C., & Castañeda, W. ;, Hernán Caicedo, Carlos ; García Madariaga, Ricardo, Villa Camacho, María Eugenia ; (2002). *Indicadores integrales de gestión*. Colombia: McGraw-Hill Interamericana.

Anderson, Sweeney y Williams; (2004). *Métodos cuantitativos para los negocios*. International Thomson.