

# Trabajo Práctico

## Procesos Industriales I

### GALILEO Technologies



Integrantes:

- Casado de Achával, Candelaria
- de Elizalde, Magdalena
- Muraglia, Agustina

# INDICE

Resumen Ejecutivo .....	2
Introducción.....	3
Objetivo .....	3
Descripción General de Galileo Technologies.....	3
Descripción del producto elegido.....	4
Pieza elegida: Cigüeñal .....	5
Marco Teórico .....	6
Misión .....	6
Visión.....	6
Estructura Organizativa .....	6
Proceso Productivo .....	7
Tipo de Producción .....	7
Materia Prima .....	8
Equipos.....	9
Control de Calidad .....	12
Listado de procesos y operaciones .....	13
Conclusiones.....	17
Anexos .....	18
Bibliografía .....	19

## RESUMEN EJECUTIVO

Galileo Technologies es una empresa Argentina dedicada a producir tecnología para el manejo del Gas Natural.

Dentro de su variedad de productos fabrican compresores para GNC, los cuales elegimos como objeto de estudio.

Para la elaboración de estos mismos son necesarias diversas piezas, las cuales se ensamblan para la obtención del producto final. Se trata de un ensamblado que requiere de un gran nivel de expertise y por eso debe ser llevado a cabo por operarios capacitados.

Para obtener las piezas se comienza con el ingreso de la materia prima a la fábrica. Ésta se trata de las piezas mismas, pero fundidas, proveniente de distintos proveedores a los cuales se les hace el encargo previamente.

Una vez ingresado el material necesario, se procede a mecanizar las piezas según lo estipulado. Cada pieza necesita un proceso distinto de mecanización y se hace a través de distintas máquinas.

Se tratan de máquinas mecanizadoras de alta tecnología que presentan torno y fresadora al mismo tiempo. Se ingresa la pieza y se mecaniza de un lado por vez.

Terminado esto, se procede a un control de calidad, que puede ser de todo el lote o simplemente al azar. Se realiza a través de una máquina de medición de coordenadas, comprobando límites de tolerancia para verificar que se encuentre en el límite normativo.

Por último, se lleva a zona de ensamblado para poder, así, obtener el producto final.

Lo que más nos interesó estudiar de este proceso es estudiar más en detalle el proceso que recorre una sola de las piezas que conforman al compresor. Es por eso que optamos por analizar el proceso del CIGÜEÑAL, y como se transforma desde un cilindro de acero forjado a una pieza de increíble brillo y forma.

# INTRODUCCIÓN

## **Objetivos:**

Analizar un proceso productivo real desde un punto de vista ingenieril y tratar de llegar a conocerlo en profundidad para poder idear diversas propuestas de mejora.

En nuestro caso, tuvimos la oportunidad de visitar Galileo Technologies, empresa dedicada a fabricar compresores de GNL y GNC para la industria petrolera. Por lo tanto, nos propusimos a analizar el proceso por el cual pasa una pieza que conforma al compresor.

## **Descripción General de Galileo Technologies**

Desde sus comienzos en 1983 GNC Galileo se ha ido convirtiendo en un proveedor mundial y líder a nivel tecnológico. Es la única compañía argentina que ofrece una gama tan completa de equipamiento para la industria de GNC. En la actualidad es la compañía líder en lo que es la tecnología aplicada al gas natural para: la conversión de vehículos, la compresión de gas y el ajuste y equipamiento de transporte de gas natural. Cuenta además con una red de socios, distribuidores y representantes a nivel internacional, tanto en Latinoamérica, como en Estados Unidos y en Europa.

## Descripción del producto elegido

El producto elegido se trata de un compresor de GNC wellhead, es decir, de boca de pozo.

Se tratan de equipos de recuperación de gas asociado a pozos petrolíferos. Permite que este gas sea utilizado para generación de energía, calentadores, calderas u otras necesidades del yacimiento

Son de funcionamiento automático, controlando su capacidad en función de la presión de succión o presión de descarga.

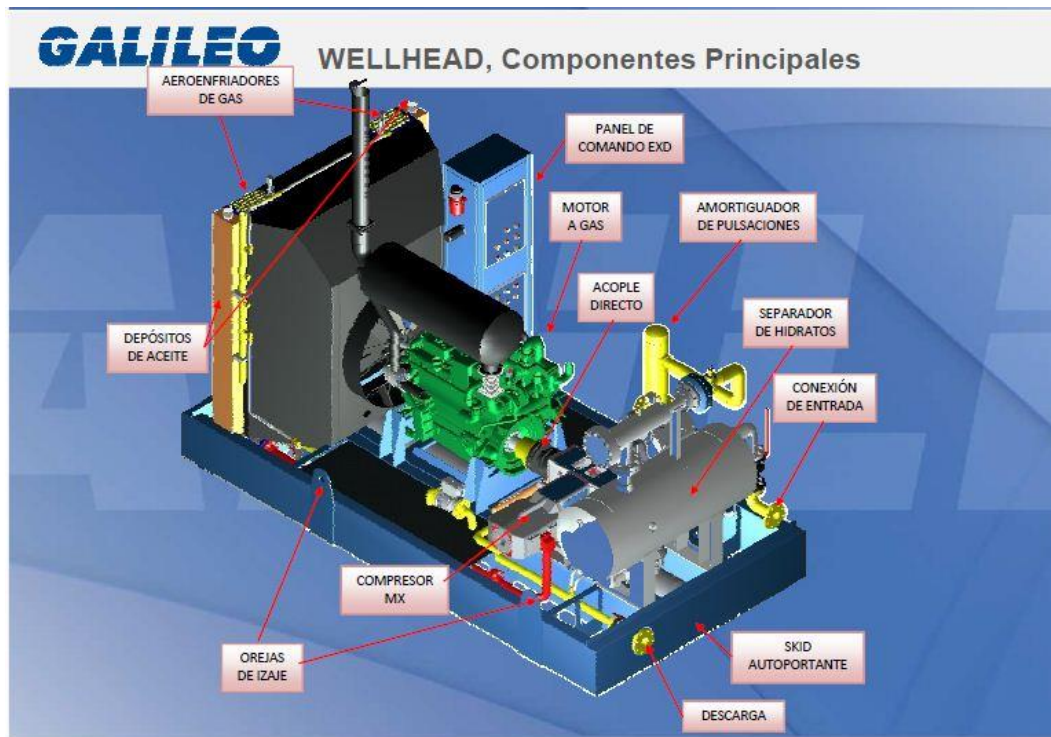


Imagen. Compresor de boca de pozo

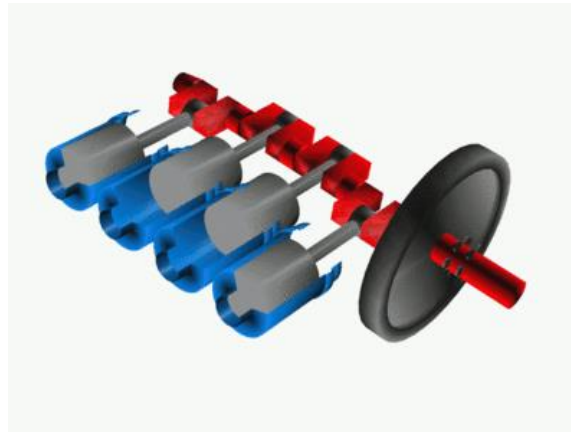
### Características: (propias de Galileo)

- Presiones de succión de 0.2 PSIG y presiones de descarga de hasta 4500 PSIG.
- Velocidades de flujo desde 0.1 y hasta 55 MMSCFD.
- Cuenta con alrededor de 200 piezas mecanizadas.
- Se ensamblan manualmente.
- Tarda aproximadamente 50 días en armarse. Requieren de muchas horas/hombre de trabajo.
- Se trata de un equipo complejo, demanda muchas hora/hombre para su armado.
- Se ubican al lado de cada pozo para la extracción y compresión de GNC.
- Pesan alrededor de 12/13 tn.

## Pieza elegida: Cigüeñal

El cigüeñal es una pieza muy importante en el motor ya que es la encargada de transformar el movimiento lineal del pistón en un movimiento circular. También se encarga de transmitir la potencia desarrollada por el mecanismo biela-manivela a las ruedas.

La biela es una varilla con un agujero que se adapta a la muñequilla y sigue sus movimientos: empuja y atrae. La fuerza se transmite en ambos sentidos; tirando de la biela y empujándola se hace girar el cigüeñal y se obtiene un movimiento rotatorio completo.



Esquema de funcionamiento del cigüeñal

Se encuentra ubicado en el bloque del motor, fijado allí con unos cojinetes y unidas a él, las respectivas bielas de cada pistón. El cigüeñal se encuentra unido a las bielas por áreas excéntricas denominadas codos, los cuales permiten el movimiento rotatorio.

Los pistones producen movimientos lineales hacia abajo, los cuales se transmiten al cigüeñal por medio de la biela, y luego, en cada codo se genera el movimiento circular. Se trata de un ciclo que se repite una y otra vez.

Debe ser fuerte y resistente, debido a las grandes fuerzas a las que está sometido. Es por ello que se fabrica de aleaciones de acero templado, con altas propiedades mecánicas. Sin embargo, estas aleaciones no pueden superar una dureza a 40 Rockwell "C" (40 RHC), debido a que cuanto más dura es la aleación, más frágil se convierte la pieza y se podría llegar a romper.

# MARCO TEÓRICO

## **Misión:**

*“Nuestro objetivo es extender los beneficios del GNC a nivel mundial. Por ello mismo, desarrollamos productos que sean eficientes, confiables y fáciles de utilizar. Estamos orgullosos de nuestros logros y nos comprometemos para desarrollar la mejor y más innovadora tecnología de nuestro sector.”*

## **Visión:**

*“Continuar con el liderazgo mundial en tecnologías para GNC, brindando a nuestros clientes soluciones innovadoras, integrales y de alto rendimiento.”*

## **Estructura Organizativa:**

La empresa se dedica a fabricar productos y servicios para la cadena de valor del gas natural, dentro de ellos los compresores de GNC, para todo tipo de industria. Con sus tecnologías buscan optimizar el tiempo de producción e instalación, incrementando la productividad, haciendo más fácil el montaje y bajando los costos del armado del yacimiento.

Cuenta con dos plantas en Buenos Aires. Una donde se realiza todo el “trabajo pesado”, dentro de la cual se elaboran los armazones y estructuras que contendrán al compresor, y la otra planta donde se confecciona el compresor en sí, mecanizando las piezas que lo conforman y su ensamble final.

A nivel nacional, distribuyen sus productos a pequeñas y grandes empresas, principalmente para el armado de yacimientos.

Y a nivel internacional, exportan el 80% de su producción a una gran cantidad de países por todo el mundo, llevando su tecnología para mejorar la calidad de vida de las personas.

## Proceso Productivo:

### \*Tipo de Producción

En Galileo Technologies se produce tecnología para el manejo del gas natural. La mayor parte de la producción consiste en el mecanizado de los metales para transformarlos en la piezas que, luego por ensamble, conforman el producto final.

Nuestro trabajo se concentró en la producción de compresores de GNC y para ser más específicos, fuimos a un mayor nivel de detalle estudiando el proceso de una sola pieza desde que entra a la fábrica como materia prima hasta que forma parte del compresor.

Por lo tanto la pieza que elegimos fue el CIGÜEÑAL del compresor:

\*CIGÜEÑAL MX200 1800 RPM

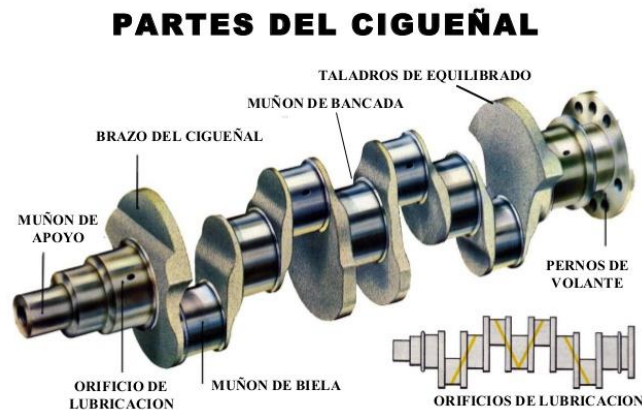


Imagen de un cigüeñal.

Su método de trabajo es de componente central fijo al mecanizar la pieza, ya que se trabaja toda la pieza en un Centro de Mecanizado de alta tecnología que luego detallaremos. Por lo tanto se trabaja con un gran nivel de expertise, sobre todo cuando estas piezas se ensamblan “artesanalmente” para armar el compresor. Además de trabajar la pieza en el Centro de Mecanizado, algunas etapas se realizan en un proveedor externo tales como el normalizado, rectificado y nitrurado.

## **\*Materia Prima**

La materia prima que se utiliza para confeccionar el Cigüeñal es acero forjado:

**\*SAE 4140 FORJADO**

El SAE 4140 es un Acero al Cromo-Molibdeno. Es un material resistente a la fatiga y a la torsión, algo justamente muy importante para un cigüeñal.

Básicamente reciben el cilindro de hierro forjado de un tercero al que le hacen especificaciones de tamaño o preformas para algunas piezas. Para el caso del cigüeñal se encarga directamente x cantidad de cilindros de tal tamaño. Este proveedor, además, ya conoce cuales son las necesidades y encargos habituales y ya tiene guardadas todas las especificaciones enviadas con anterioridad.



Imagen de los cilindros de forja y el cigüeñal intermedio.

Luego, se almacena esta materia prima como stock hasta su uso. Se hacen varias piezas iguales de a tandas, en lotes, para luego guardar como estiva de nuevo, pero ya mecanizadas, para el posterior uso en el ensamble del compresor.

En la imagen se observan los mencionados cilindros de forja, y el cigüeñal intermedio.

## \*Equipos

El equipo en el que nos vamos a concentrar es en el Centro de Mecanizado que es la base de todas las operaciones que pudimos observar, y encontramos como la observación más completa y enriquecedora para una materia como procesos industriales. Porque luego el ensamble del compresor es una tarea más artesanal, digna de ver, pero en cuanto a avances tecnológicos aporta más detallar este centro de mecanizado. En cambio el ensamble requiere un alto nivel de expertise y es todo manual, no se trabaja la pieza.

El Centro de Mecanizado que se utiliza para mecanizar el Cigüeñal es el:

\*Mazak Integrex 200 IV



Mazak Integrex 200 IV.

Este centro es una máquina herramienta multifunción de 5 ejes. Combina en un solo lugar, un torno, una fresadora, y varias máquinas herramientas más.

Además tiene tecnología inteligente como su escudo de seguridad inteligente o el control de la temperatura y las vibraciones.

Cuenta también con una gran variedad de herramientas que las almacena en sí misma y se cambian por sí solas una vez programado.

Las especificaciones de la máquina son las siguientes:

Specification		Bed Length -
Capacity	Maximum Machining Diameter	660 mm / 26.000 in
	Maximum Machining Length	995 mm / 39.170 in
Main Spindle	Chuck Size	8 in
	Maximum Speed	5000 rpm
	Motor Output (30 minute rating)	22 kw / 30.0 hp
Second Spindle	Chuck Size	8 in
	Maximum Speed	5000 rpm
	Motor Output (30 minute rating)	19 kw / 25.0 hp
Milling Spindle	B-Axis Travel	225°
	Magazine Capacity	20
	Maximum Speed	20000 rpm
	Motor Output (20 ED Rating)	6 kw / 8 hp
Feed Axes	Travel (X Axis)	580 mm / 22.83 in
	Travel (Y Axis)	160 mm / 6.30 in
	Travel (Z Axis)	1045 mm / 41.14 in

Tabla 1: especificaciones de Mazak Integrex 200 IV.

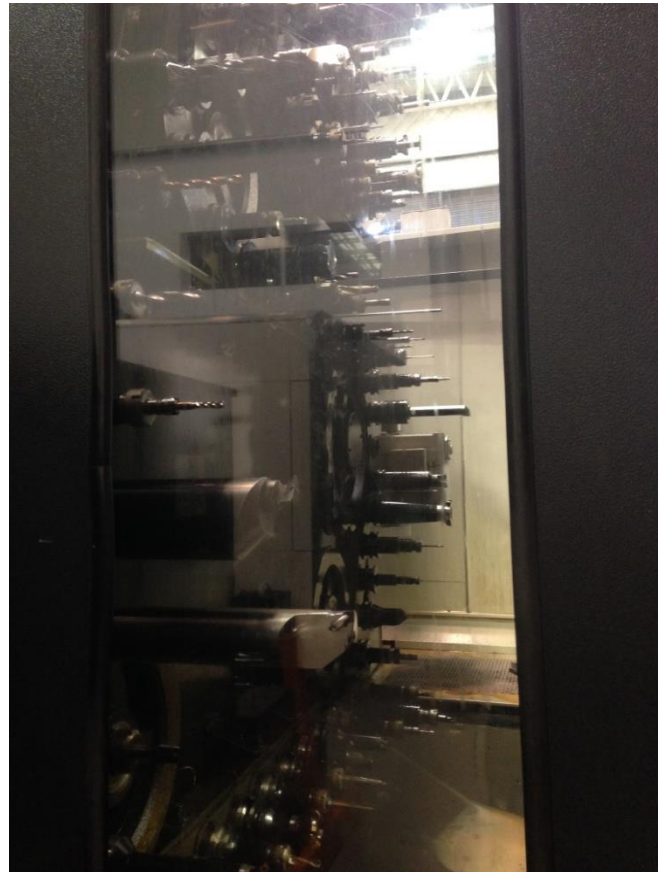
Por supuesto que cuenta también con todo un sistema de CNC: Control Numérico Computarizado, que tiene un tablero para dar los comandos y además una pantalla para ver qué sucede dentro de la máquina cuando no se puede ver a través del vidrio por el líquido que se aplica sobre la pieza para controlar la temperatura elevada que toma.

El mecanizado en sí es todo por arranque de viruta que es el único desperdicio que tiene el proceso. La máquina lo va expulsando y se lo va juntando manualmente en baldes como se observa en la imagen. A este desperdicio se lo vende como para ser reciclado.



Imagen del desperdicio del proceso.

Herramientas almacenadas en centro de mecanizado para uso computarizado:



Imágenes de las herramientas con las que cuenta el centro de mecanizado.

Es muy interesante observar cómo trabaja la máquina para lo cual recomendamos el siguiente vídeo en youtube:

[\\*https://www.youtube.com/watch?v=a5StZYExpq0](https://www.youtube.com/watch?v=a5StZYExpq0)

## **\*Control de Calidad**

A penas los cilindros de hierro forjado son ingresados a la planta, se hace un control de calidad, que puede ser de todo el lote o al azar. Se realiza a través de una máquina de medición de coordenadas, comprobando límites de tolerancia para verificar que se encuentre en el límite normativo. En caso que esté fuera de la tolerancia, se regresa al proveedor el material.

Luego, después de terminado el mecanizado, se vuelve a ejecutar el mismo control de calidad, pero esta vez a todos los cigüeñales para constatar que se hayan respetado las dimensiones necesarias para el compresor.

Por último, se procede, posteriormente del rectificado final de la pieza, a una inspección de calidad del lote y descripción del estado del mismo.

Cabe aclarar, que además una vez que el compresor fue ensamblado y se encuentra totalmente terminado, se realiza un último control de calidad, donde se comprueba que el producto funcione correctamente y esté listo para su venta.



Imagen del Laboratorio de Metrología.

## \*Listado de Procesos y Operaciones

Para entonces englobar este proceso productivo vamos a realizar una breve lista de las operaciones que conlleva el proceso de fabricación de la pieza (Anexamos la Hoja de Procesos brindada por Galileo Technologies).

### 1. **Normalizado** en proveedor externo

Normalizado: es un tratamiento térmico en el que se eleva la temperatura del material a 870°C, una temperatura superior a la crítica (788°C) para luego enfriar el material lentamente al aire. Esto se realiza, ya que al haber forjado el material se busca restablecer la estructura interna y recuperar sus cualidades modificadas en la forja.

Se realizan en un proveedor externo ya que les rinde más tercerizar este proceso que hacerlo ellos mismos.

### 2. **Bonificado** en proveedor externo

Bonificado: tratamiento térmico que consiste en un templeado y un revenido posterior. Se realiza para darle mayor resistencia al material y aumentar su tenacidad. El temple consiste en la elevación de la temperatura del material por encima de los 800°C y luego un enfriamiento brusco que busca conseguir una estructura interna más resistente que la anterior. Luego se realiza un revenido en el que se eleva a una menor temperatura que antes y se enfría en el horno, para disminuir la fragilidad de la pieza obtenida en el temple.

### 3. **Ensayo de partículas magnéticas**

El ensayo de partículas magnéticas es un ensayo no destructivo que se realiza para detectar las posibles discontinuidades superficiales y sub-superficiales que tiene la pieza.

Procedimiento: se limpia la pieza, se aplica un spray de partículas magnéticas, luego con un yugo magnético se aplica un campo magnético. Este campo magnético va a detectar discontinuidades perpendiculares a él, ya que las partículas se van a alinear en ese sentido. De esta manera se puede detectar cualquier discontinuidad, un potencial riesgo de rotura para el futuro.

### 4. **Pre-mecanizado en torno paralelo**

Torno paralelo: el torno se utiliza para mecanizar piezas. Es una máquina herramienta en la cual la pieza gira y la herramienta se mantiene fija. Se logra mecanizar la pieza radialmente haciendo un primer mecanizado.

## 5. **Metrología:** Inspección de calidad de lote mecanizado

La inspección de calidad se realiza al azar a una pieza del lote o a todo el lote según el grado de importancia de la pieza en el compresor.

La empresa cuenta con un equipo en el cual se introducen todas las dimensiones de la pieza a inspeccionar, mide con un sensor y devuelve los datos de las dimensiones reales de la pieza, quedando así, en evidencia, cuales se pasaron de los límites de tolerancia preestablecidos.

## 6. **Mazak Integrex 200 IV: 1º Mecanizado**

- 6.1. Se fresan los laterales de los contrapesos (solo desbaste, se deja sobrematerial para la terminación)

**Fresado:** Consiste en dejar la pieza fija y hacer un arranque de viruta mediante la herramienta específica, que gira alrededor de la misma. En este caso se hace un comentario que sólo se desbasta, dejando un sobrematerial de aprox 3mm., para luego rectificar.

**Desbaste:** se realiza con el fin de eliminar mucho material con poca precisión, sin buscar gran terminación y dejando sobrematerial, para luego hacer una buena terminación a través de un rectificado.

- 6.2. Se desbasta el diámetro exterior de los contrapesos

También se realiza un desbaste del diámetro exterior de los contrapesos para eliminar capas distorsionadas y así obtener el diámetro deseado. Los contrapesos son una parte del cigüeñal que sirven para lograr equilibrio en el movimiento giratorio que realiza el cigüeñal y reducir las vibraciones.

- 6.3. Se mecanizan las zonas de muñones de biela, dejando sobrematerial para rectificar

Se mecaniza la zona de los muñones de biela, es decir, que se realizan unas grandes ranuras en el cilindro, siendo éstos los muñones en donde se acoplan las bielas al cigüeñal. Se deja en esta etapa también sobrematerial para un posterior rectificado.

- 6.4. Se **perforan** los agujeros de lubricación

Los agujeros de lubricación deben ser perforados con las herramientas correspondientes, como por ejemplo la broca. Estos últimos sirven para luego poder lubricar el cigüeñal en los muñones que están en contacto con las bielas, o cualquier lugar que haya de contacto entre metales para reducir el desgaste por fricción.

Los agujeros permiten hacer pasar el lubricante por toda la pieza.

6.5. Se desbastan las zonas de muñones de bancada

Al igual que los muñones de biela, se deben desbastar los muñones de bancada, los cuales se encuentran alineados al eje del cigüeñal y que sirven como apoyo en la bancada del motor.

6.6. Se desbasta zona de acople de lubricación

La zona de acople de lubricación debe ser desbastada, por tratarse de la parte donde justamente se va a realizar el acople y necesita de lubricación.

6.7. Se **numera la pieza** según gama de control. **Limpieza y rebabado.**

Se numera la pieza según el lote con un grabado.

Luego se realiza una limpieza final y un rebabado de la pieza en sí y de todos los orificios de lubricación, para asegurarse que no haya quedado material obstruyendo el paso.

**7. Mazak Integrex 200 IV: 2º Mecanizado**

7.1. Se mecaniza diámetro de acople lado manchón

Se mecaniza el diámetro de acople del lado del manchón de acople.

7.2. Se mecanizan ranuras de lubricación

Se realiza el mecanizado de las ranuras de lubricación.

**8. Metrología:** Inspección de calidad de lote mecanizado

Nuevamente se realiza una inspección dimensional de la calidad.

**9. Rectificado** en proveedor externo

Se realiza un rectificado para darle una buena terminación a la pieza. Justamente para esto se dejó un sobrematerial en la pieza, así luego se realizaba un trabajo de terminación. La rectificadora es una máquina herramienta que realiza mecanizados por abrasión con elevada precisión dimensional.

**10. Metrología:** Inspección de calidad de lote mecanizado y definición de estado

Se realiza una última inspección dimensional de la calidad.

11. Limpieza y aplicación de **aceite anticorrosivo**

El aceite anticorrosivo detiene la oxidación y la corrosión del metal durante el almacenamiento y el transporte.

12. **Almacenamiento**

Se fabrica todo un lote de cigüeñales que se guarda como stock dentro de la fábrica, en lugares determinados para almacenamiento, y que luego se van utilizando en cada compresor, a medida que se requiere de su utilización.

13. **Transportado** a zona de ensamblado

14. **Ensamble** de pieza

En esta parte del proceso se hace un ensamblado manual de todas las piezas que conforman al compresor. Se debe realizar detenidamente y por personal altamente cualificado, ya que se deben colocar correctamente las piezas en su lugar.

15. **Inspección de calidad** del producto terminado

Se realiza una inspección final del producto terminado, haciéndolo funcionar por un par de horas y verificando el correcto funcionamiento del mismo.

## CONCLUSIONES

A lo largo del trabajo, pudimos estudiar todo el proceso industrial por el cual una pieza pasa, desde la obtención de la materia prima, hasta su ubicación en el producto final.

Pudimos observar como una pieza fundida sufre de distintos procesos de mecanización, obteniendo una pieza totalmente distinta y con los detalles específicos necesarios para la correcta utilización de la misma.

Conocimos procesos como el normalizado, templado, desbaste, fresado, entre otros.

Vimos cómo trabajan máquinas herramientas altamente modernas y complejas, mecanizando la pieza, con un simple arranque de viruta.

# ANEXOS

\*HOJA DE PROCESOS DE CIGÜEÑAL

\* PLANO CIGÜEÑAL (2 hojas)

# BIBLIOGRAFÍA

- <http://www.galileoar.com>; Última consulta: 30/05/2016.
- <http://aprendesobregasnatural.blogspot.com.ar> ; Última consulta: 23/04/2016
- <http://sistema-mecanico.blogspot.com.ar/2014/05/donde-se-usa-el-ciguenal-el-ciguenal-es.html> ; Última consulta: 04/06/2016
- <http://es.slideshare.net/EdgarVargasMedina/exposicion-motores-diesel> ; Última consulta: 04/06/2016 - Imagen de partes del cigüeñal
- <https://es.wikipedia.org/wiki/Mecanizado> ; Última consulta: 04/06/2016
- [http://www.acerosfortuna.com.mx/hojas\\_tecnicas/aceros\\_de\\_baja\\_aleacion/4140.pdf](http://www.acerosfortuna.com.mx/hojas_tecnicas/aceros_de_baja_aleacion/4140.pdf) ; Última consulta: 06/06/2016
- <https://www.mazak.com.sg/machines/integrex-200-iv-s/> ; Última consulta: 06/06/2016