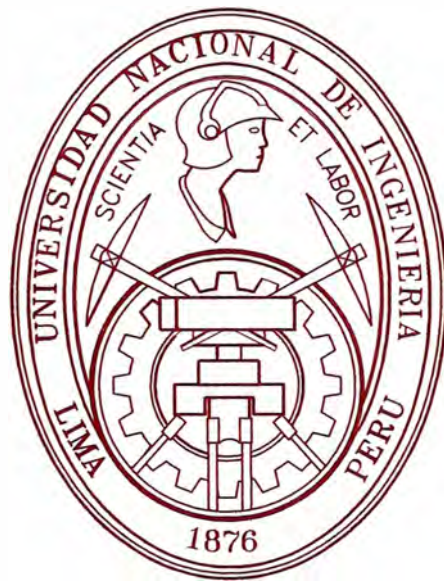


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA**



**ESTUDIO E IMPLEMENTACION DE MEJORAS  
EN EL SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO EN LA  
PLANTA II DE LA CORPORACION ACEROS  
AREQUIPA S.A.**

**INFORME DE SUFICIENCIA  
PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO MECANICO**

**WALTHER JESUS ARIAS IBARRA**

**PROMOCION 2003-II**

**LIMA-PERU**

**2011**

Dedicatoria:

A mis queridos padres  
Enedina y Guzmán,  
que me han apoyado  
incondicionalmente a lo largo  
de mi vida, ellos son el  
motor de este informe; a mis  
hermanos, sobrinos  
y a mi amor María.

## INDICE

Página

<b>PROLOGO.....</b>	<b>01</b>
<b>CAPITULO I: INTRODUCCION.....</b>	<b>03</b>
1.1.- Antecedentes.....	03
1.2.- Objetivos	
1.2.1.- Objetivos Generales.....	04
1.2.2.- Objetivos Específicos.....	04
1.3.- Alcance.....	04
1.4.- Limitaciones.....	04
1.5.- Justificación.....	05
<b>CAPITULO II: DESCRIPCION DE LA EMPRESA.....</b>	<b>06</b>
2.1.- Generalidades.....	06
2.2.- Organigrama de la empresa.....	06
2.3.- Procesos productivos	
2.3.1.- Planta Reducción Directa.....	08
2.3.2.- Planta de Acería.....	11
2.3.3.- Planta de Laminación.....	12
2.4.- Principales productos.....	15
2.5.- Principales clientes y proveedores	
2.5.2.- Clientes.....	15
2.5.2.- Proveedores.....	16

<b>CAPITULO III: FUNDAMENTO TEORICO.....</b>	<b>17</b>
3.1.- Descripción de equipos importantes	
3.1.1.- Colector de polvo tipo Pulse Jet.....	17
3.1.2.- Intercambiador de calor FD Cooler.....	19
3.1.3.- Hornos de eléctricos.....	21
3.1.4.- Horno de recalentamiento Danieli 80 T/hr.....	22
3.1.5.- Compresor de aire comprimido TS 32S.....	24
3.1.6.- Secador de aire comprimido regenerativo.....	25
3.2.- Conversión de unidades para flujo de aire.....	27
3.3.- Metodología de Solución de Problemas	
3.3.1.- Definición del problema.....	27
3.3.2.- Recolección de Datos.....	28
3.3.3.- Evaluación de las posibles causas.....	28
3.3.4.- Evaluación de las posibles soluciones.....	29
3.3.5.- Aplicación de las mejoras.....	29
3.3.6.- Evaluación de resultados.....	30
3.3.7.- Estandarización y conclusiones.....	30
3.4.- Vida útil económica de un activo	
3.4.1.- Costo anual equivalente de la inversión.....	32
3.4.1.- Costo anual equivalente de la operación y mantenimiento.....	33
<b>CAPITULO IV: ESTADO ACTUAL DE LA PLANTA II – PISCO.....</b>	<b>36</b>
4.1.- Planta Reducción Directa.....	36
4.2.- Planta Acería.....	37

## **CAPITULO V: MEJORAS EN EL SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO**

<b>EN LA PLANTA II.....</b>	<b>38</b>
5.1.- Optimizar el sistema de aire comprimido en la Planta Reducción Directa	
5.1.1.- Definición del Problema.....	38
5.1.2.- Recolección de Datos	
5.1.2.1.- Costos por mantenimiento del compresor GA 607.....	40
5.1.2.2.- Régimen de trabajo de la Compresora GA 607.....	41
5.1.2.3.-Temperatura de los humos al ingreso del Precipitador Electrostático.....	41
5.1.3.- Evaluación de Posibles Causas	
5.1.3.1.- Análisis causa efecto .....	42
5.1.3.2.- Evaluación de la capacidad de la unidad compresora de Planta Reducción Directa	
5.1.3.2.1.- Cálculo de los puntos de consumo de aire comprimido en la planta .....	43
5.1.3.2.2.- Requerimiento actual de la Planta.....	45
5.1.3.2.3.- Capacidad instalada en la Planta.....	46
5.1.4.- Evaluación de Posibles Soluciones	
5.1.4.1.- Instalar una nueva unidad compresora.....	47
5.1.4.2.- Mejorar la confiabilidad del Compresor GA 607.....	48
5.1.4.3.- Determinando el VAN de las dos alternativas.....	49
5.1.5.- Aplicación de las Mejoras.....	51
5.1.6.- Evaluación de Resultados	
5.1.6.1.- Costos por Mantenimiento del Compresor GA 607.....	52
5.1.6.2.- Régimen de trabajo de la Compresora GA 607.....	52

5.1.6.3.- Temperatura de los humos al ingreso del Precipitador Electrostático.....	53
5.1.7.- Estandarización	
5.1.7.1.- Plan Mantenimiento Preventivo Compresor 5509 PS....	54
5.1.7.2.- Planos de instalación de Compresor 5509 PS.....	54
5.2.- Optimización del sistema de aire comprimido de la Planta de Acería.	
5.2.1.- Definición del Problema.....	55
5.2.2.- Recolección de Datos	
5.2.2.1.- Pérdida de Aire Comprimido por los Secadores de Aire Regenerativos.....	56
5.2.2.2.- Humedad Relativa en el Sistema de Aire Comprimido en la Planta de Acería.....	56
5.2.3.- Evaluación de Posibles Causas	
5.2.3.1.- Análisis causa efecto .....	57
5.2.3.2.- Evaluación de la capacidad de las unidades compresoras de Planta Acería	
5.2.3.2.1.- Requerimiento total de Aire Comprimido en la Planta Acería .....	58
5.2.3.2.2.- Determinación de capacidad instalada Planta Acería.....	59
5.2.3.3.- Evaluación de la operación del secador regenerativo de aire comprimido en Planta Acería.....	60
5.2.4.- Evaluación de Posibles Soluciones	
5.2.4.1.- Cambio del tipo de Secador de aire comprimido.....	61

5.2.4.2.- Recuperación de la inversión.....	62
5.2.4.3.- Determinación del Valor Actual Neto de la mejora.....	62
5.2.5.- Aplicación de las Mejoras.....	64
5.2.6.- Evaluación de Resultados	
5.2.6.1.- Pérdida de Aire Comprimido por los Secadores de Aire Regenerativos.....	65
5.2.6.2.- Humedad Relativa en el Sistema de Aire Comprimido en la Planta de Acería.....	65
5.2.7.- Estandarización	
5.2.7.1.- Plan Mantenimiento Preventivo Secador SR 3000.....	66
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>67</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>71</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>72</b>

## PROLOGO

Corporación Aceros Arequipa S.A. – CAASA - tiene como visión llegar a ser líderes en la industria siderúrgica en el Perú, con una participación estratégica en el mercado internacional. Por tal razón, la alta dirección de dicha Corporación están alineando todas sus áreas productivas en el logro de dicha visión; en ese sentido el área de mantenimiento a definido como visión “Llegar a ser un área de clase mundial, donde se realiza la Gestión de los Activos Fijos con el objetivo de garantizar su operatividad óptima.

El presente informe de suficiencia trata de contribuir con el logro de los objetivos empresariales definidos por la alta dirección de Corporación Aceros Arequipa S.A., así como, la del área de mantenimiento. En tal sentido, en el presente informe se desarrollan trabajos de ingeniería que mejoran la funcionabilidad de equipos y/o sistemas (aire comprimido) con el fin de incrementar la confiabilidad de los mismos y en consecuencia de las plantas al cual pertenecen (Planta de hierro esponja, acería y laminación).

La estructura de desarrollo de los trabajos de ingeniería del presente informe, se realizan utilizando la Metodología de Solución de Problemas “Los siete Pasos”, en



donde se análisis el problema, se determinan las alternativas de solución, la ingeniería básica de la mejor alternativa, su análisis económico, entre otros pasos.

A continuación describiremos el contenido que se desarrolla en cada Capitulo, siendo estos:

Capitulo I, en este capitulo desarrollamos los objetivos del informe, su alcance, sus limitaciones y su justificación respectiva.

Capitulo II, en este capitulo describimos a la empresa donde se llevaron a cabo estos trabajos de mejora, se da a conocer su ubicación, organigrama y los procesos productivos que conforman su línea de producción, entre otros.

Capitulo III, en este capitulo se describe el fundamento teórico necesario para un buen entendimiento del presente informe, así como, la descripción de equipos importantes que formaron parte del contexto de desarrollo del presente informe.

Capitulo IV, en este capitulo se describe el estado actual de la Planta II de Aceros Arequipa en las 3 Plantas que lo conforman.

Capitulo V, en este capitulo se desarrolla las mejora en el Sistema de Aire Comprimido que se ejecutaron en las diferentes Plantas de Producción que conforman la empresa Siderúrgica.

# **CAPITULO I**

## **INTRODUCCION**

### **1.1.- ANTECEDENTES**

El sistema de aire comprimido cumple una función fundamental en cada una de las tres Plantas Productivas que conforman la Siderúrgica, siendo esta la de garantizar la calidad del producto, reducir los impactos ambientales y controlar los riesgos asociados a la actividad productiva.

En la actualidad, existen ciertas deficiencias en el Sistema de Aire Comprimido en cada una de las Plantas Productivas que conforman la Siderúrgica, siendo las más importantes las siguientes:

- ✓ Deficiencia en la limpieza en el Intercambiador de Calor FD Cooler del Precipitador Electrostático por falta de capacidad en el compresor de aire comprimido en la Planta de Reducción Directa.
- ✓ Perdidas de aire comprimido por uso de equipos poco eficientes en la Planta Acería.

Por lo indicado, se tuvo la necesidad de evaluar el sistema de aire comprimido en las tres plantas que conforman la siderúrgica y realizar las acciones correctivas y preventivas para garantizar un óptimo proceso productivo.

## **1.2.- OBJETIVOS**

### **1.2.1.- Objetivos Generales**

- ✓ Optimización del Sistema de Aire Comprimido de las Plantas de Reducción Directa y de la Planta de Acería en la Corporación Aceros Arequipa S.A., Sede II, ubicada en la ciudad de Pisco.

### **1.2.2.- Objetivos Específicos**

- ✓ Evaluar la cantidad de aire comprimido que se requiere en la Planta de Reducción Directa. Seleccionar el compresor de aire adecuado.
- ✓ Mejorar la limpieza del Intercambiador de Calor FD Cooler. Reducir la temperatura de ingreso de los gases al Precipitador Electrostático.
- ✓ Evaluar las pérdidas por efecto de usar un Secador de aire comprimido tipo Regenerativo en la Planta Acería. Seleccionar un Secador de Aire Comprimido acorde con los requerimientos de la Planta.

## **1.3.- ALCANCE**

El presente Informe de Suficiencia desarrolla un análisis del sistema de aire comprimido de las Planta Reducción Directa y de la Planta de Acería.

## **1.4.- LIMITACIONES**

El presente informe solo analiza el Sistema de Aire Comprimido que forman parte de la Planta Siderúrgica, así mismo, solo se desarrollara la ingeniería básica de la mejor la propuesta a implementar.

### **1.5.- JUSTIFICACION**

El presente informe trata de describir los trabajos de mejora a desarrollar en la Planta Siderúrgica que permitirán mejorar su operación.

## **CAPITULO II**

### **DESCRIPCION DE LA EMPRESA**

#### **2.1.- GENERALIDADES**

La empresa fue constituida el 13 de mayo de 1964, con la Planta N° 1 en la ciudad de Arequipa, con razón social Aceros Arequipa S.A. Posteriormente se inauguró la Planta N° 2 en la ciudad de Pisco, el 8 de enero de 1983. Fue el 31 de diciembre de 1997 que se fusionó con la empresa Aceros Calibrados S.A. dando origen a la Corporación Aceros Arequipa S.A. (CAASA).

Actualmente, la capacidad de producción de la Corporación asciende a 500,000 Ton/año con planes de ampliación en el mediano plazo a 1'000,000 Ton/año.

#### **2.2.- ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA**

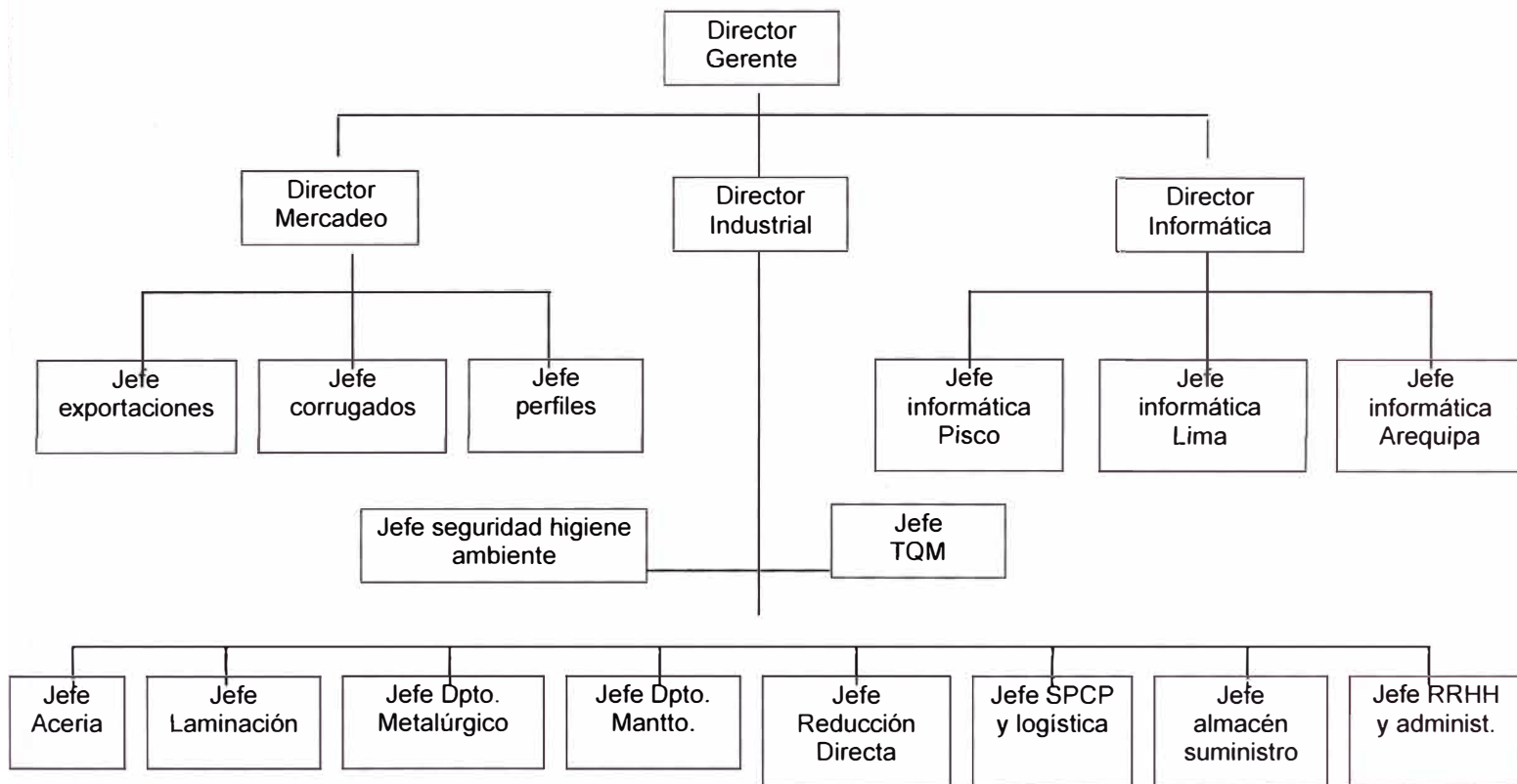


Figura 2.1: Organigrama de la CAASA

### 2.3.- PROCESOS PRODUCTIVOS

Dentro de los procesos productivos destacan las siguientes plantas:

- ✓ Planta de Reducción Directa.
- ✓ Planta de Acería.
- ✓ Planta de Laminación

También forman parte del Proceso Productivo las Plantas de Industrialización y Acero Dimensionado, en las cuales se realiza el trefilado de los alambres de acero liso o corrugado y las estribas o los formados de acero corrugado para las cimentaciones en las obras civiles.

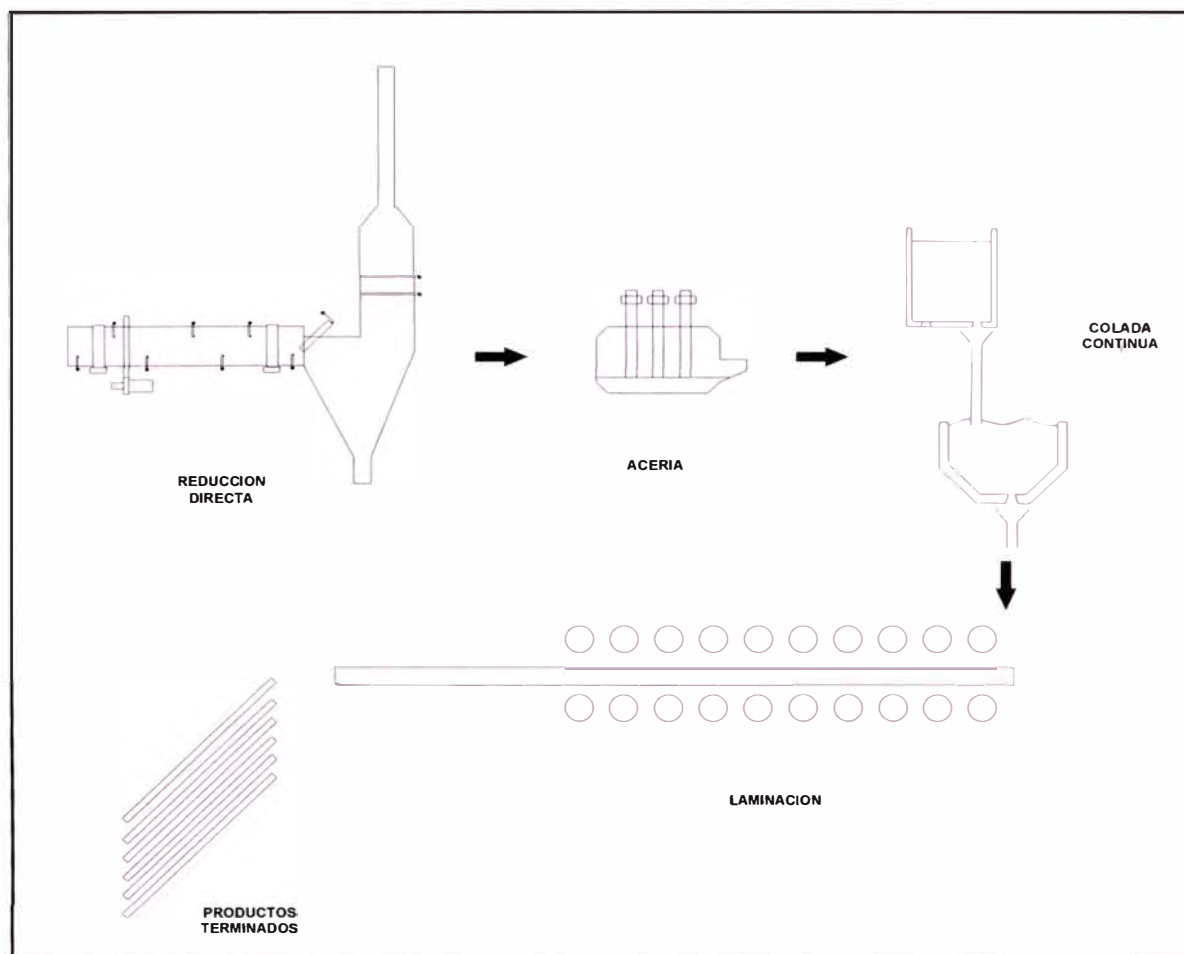


Figura 2.2: Procesos Productivos de la Siderúrgica (CAASA)

### 2.3.1.- Planta Reducción Directa

Inicia sus operaciones en Enero de 1996 con una capacidad instalada de 80,000 Ton/año.

La función de esta Planta es de eliminar el oxígeno presente en el mineral de hierro (Pellet), lográndose esta al producirse una reacción química de Reducción en dicho mineral.

Esta Planta comprende varias áreas:

El área de materias primas, es donde se preparan las materias primas para ser utilizadas en el proceso de Reducción de la Planta. Dicha preparación consiste en separar impurezas, reducir el tamaño de las partículas, agruparlas por tamaño y almacenarlas adecuadamente.

Las materias primas utilizadas en esta Planta son:

- ✓ Carbón antracita, cuya función es oxidar al mineral de Pellet. Su tamaño varia entre 3 mm. a 6 mm.
- ✓ Carbón bituminoso, cuya función es también oxidar al Pellet y además evitar que se aglomeren. Su tamaño varia entre 3 mm. a 6 mm.
- ✓ Caliza calibrada, cuya función es eliminar el azufre presente en el mineral de Pellet. Su tamaño varia entre 1.7 mm. a 6.3 mm.
- ✓ Pellet de hierro calibrado.

Seguidamente tenemos el área de Hornos Rotativos, en el cual se logra reducir el mineral de hierro (Pellet), es decir, eliminar el oxígeno presente en el mismo, manteniéndose siempre niveles de contaminación ambiental dentro de los rangos permisibles. Para lograrlo utilizamos unos hornos rotatorios, los cuales deben mantener ciertos parámetros para garantizar una óptima metalización (Temperatura al interior del Horno entre 950-1050 °C)

Una vez reducido el mineral, debemos de bajar su temperatura para poderlo manipular, es ahí donde los enfriadores rotatorios cumplen esa función.



Seguidamente continúa el área de Productos Terminados, en donde se realiza la selección del hierro esponja (hierro calibrado), la de contaminantes (carbón y caliza) para luego almacenarlos adecuadamente.

Cabe precisar que esta Planta cuenta con un sistema de Captación de Polvos tipo Pulse Jet (Bag House) y Precipitadores Electrostáticos; los cuales mantienen los niveles de contaminantes al medio ambiente dentro de los rangos permitidos.

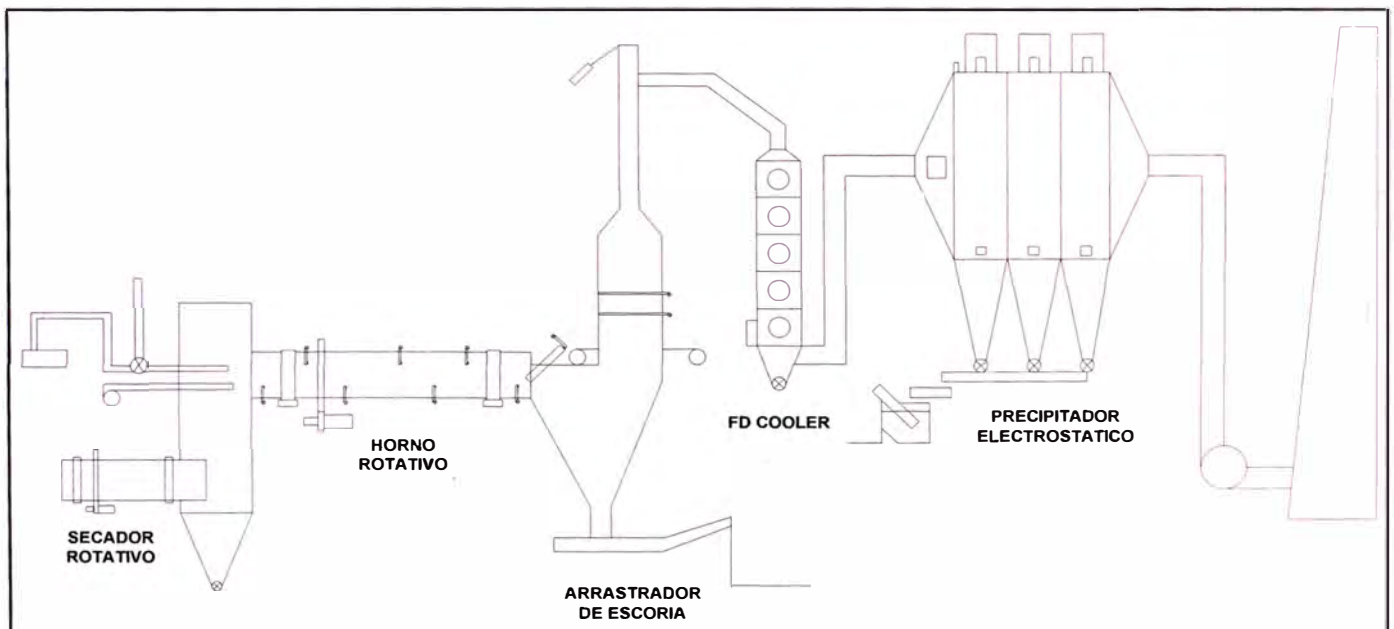


Figura 2.3: Diagrama de proceso de la Planta Reducción Directa

### **2.3.2.- Planta de Acería**

Inicia sus operaciones en Enero de 1986. Actualmente su capacidad instalada es de 430,000 Ton/año.

Esta Planta esta conformada por las siguientes áreas:

El área de Metálicos, es donde se reduce de tamaño la chatarra a usar como materia prima para la fusión, así como, separar y eliminar las impurezas.

Seguidamente se encuentra el área de Hornos Eléctricos, en donde se realiza la fusión de los insumos necesarios para la obtención del acero, siendo este de diferentes calidades.

Continúa el área de Colada continua, en donde se enfría el acero y se forman las palanquillas de dimensiones 100 x 100 mm. y 150 x 150 mm. de sección y una longitud de 12,000 ó 14,000 mm., dependiente del tipo de producto que se este procesando.

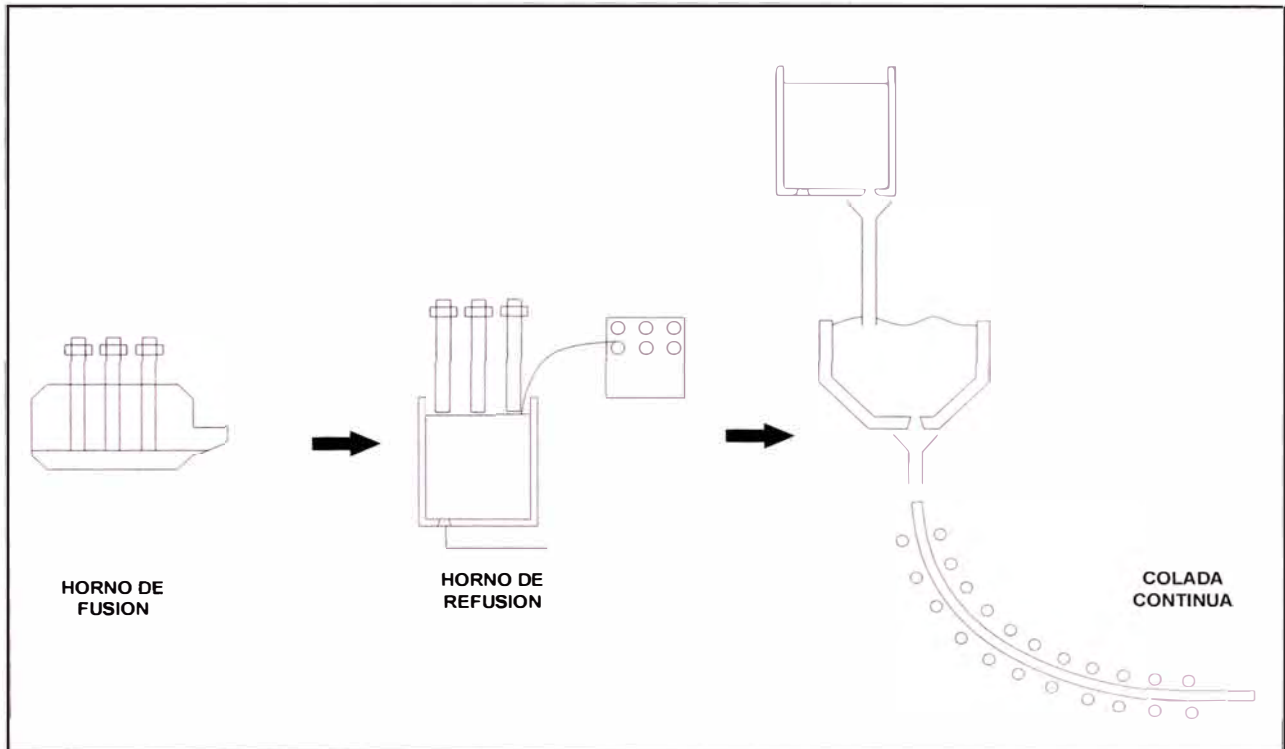


Figura 2.4: Diagrama de proceso de la Planta de Acería

### **2.3.3.- Planta de Laminación**

Inicia sus operaciones en Enero de 1986. Actualmente su capacidad instalada es de 700,000 Ton/año.

En esta Planta se realiza la laminación en caliente de los diferentes productos a producir, es decir, perfiles estructurales, barras para molino de Planta Concentradoras Mineras, barras helicoidales para la Minería Subterránea, entre otros.

Para dar inicio a la laminación, se cuenta con el área de Horno de Recalentamiento, en donde se calienta la palanquilla aproximadamente a 1200 °C antes de pasar por las casetas laminadoras.

Una vez calentando la palanquilla, continua el área de tren continuo, intermedio y acabado, en donde se lamina la palanquilla hasta secciones de  $\frac{1}{4}$ ",  $\frac{1}{2}$ ",  $\frac{5}{8}$ ", 1", entre otros.

Luego continúa el área de línea de hilos y mesa de enfriamiento, en donde se forman las bobinas de alambre corrugado o liso y se enfrían las barras corrugadas respectivamente.

Por ultimo, esta el área de acabados, en donde se cortan las barras o perfiles a las medidas previamente definidas, se empaquetan adecuadamente dependiendo del producto.

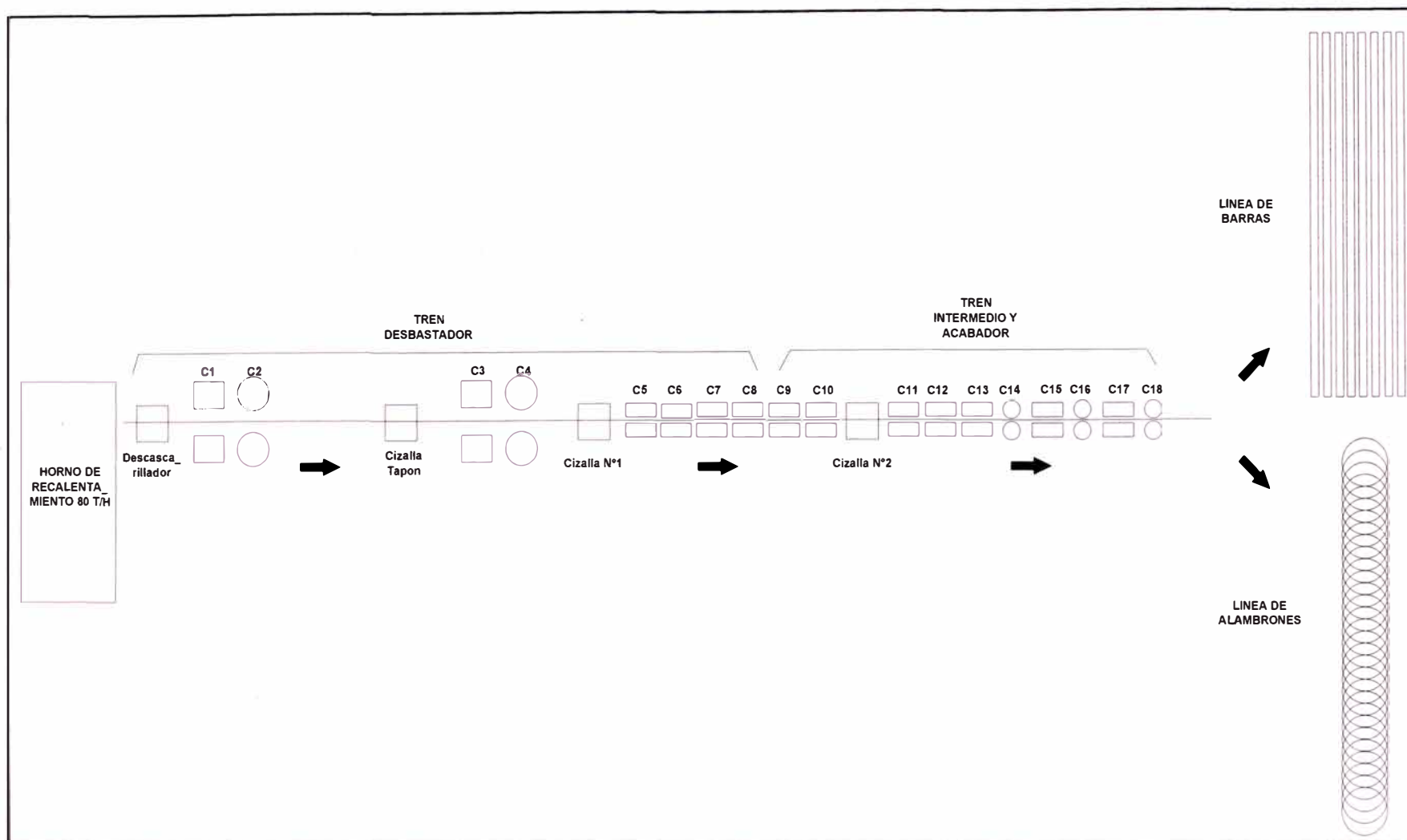


Figura 2.5: Diagrama de proceso de la Planta Laminación

## **2.4.- PRINCIPALES PRODUCTOS**

Entre los principales productos tenemos:

- ✓ Barras de construcción.
- ✓ Perfiles.
- ✓ Alambrón.
- ✓ Planchas y bobinas.
- ✓ Aceros calibrados.
- ✓ Pernos de fortificación.
- ✓ Barras para molino.

## **2.5.- PRINCIPALES CLIENTES Y PROVEEDORES**

Entre los principales clientes y proveedores tenemos:

### **2.5.1.- Clientes**

- ✓ Oderberch.
- ✓ Cosapi.
- ✓ Bechtel Overseas.
- ✓ J.J. Camet.
- ✓ H y V.
- ✓ Graña montero.
- ✓ Constructora Sagitario.
- ✓ Imecon.

**2.5.2.- Proveedores**

- ✓ Ferreyros.
- ✓ Danieli.
- ✓ Carbocol.
- ✓ SGL.
- ✓ Uvisco.
- ✓ Compañía minera Shougang.

## CAPITULO III

### FUNDAMENTO TEORICO

#### 3.1.- DESCRIPCION DE EQUIPOS IMPORTANTES

##### 3.1.1.- Colector de polvo tipo Pulse Jet <sup>[1]</sup>

La succión o presión negativa (ventilador después del colector) generada en los ductos de captación de gases, hace trasladar a las partículas presentes en el gas hacia un filtro, el cual se encarga de impedir el paso de las partículas hacia la atmósfera.

Se denomina pulse jet ya que la limpieza de los filtros se realiza por medio de pulsos de aire comprimido seco en el área limpia del colector, para desprender de los filtros las partículas adheridas a los mismos.

El proceso se inicia cuando el gas cargado de partículas es dirigido al colector a través del tubo de entrada generalmente ubicada en la tolva. Las tolvas cuentan con deflectoras que disminuyen la velocidad del gas que ingresa, de manera que las partículas más pesadas se desprenden del gas y caen a la parte inferior de la tolva.



Luego el flujo de gas es dirigido a la cámara de recolección donde las partículas que todavía permanecen en el flujo de gas son recolectadas del lado exterior de las mangas cuando el gas las atraviesa. El flujo de gas filtrado sale por el extremo superior de las mangas por donde regresa a la atmósfera.

A intervalos periódicos durante la operación, se debe permitir el desprendimiento de parte del polvo acumulado en las mangas con el fin de mantener la presión diferencial apropiada (entre la cámara sucia y limpia) y mantener la limpieza y eficiencia de filtración a un nivel óptimo. Para lograr esto se utiliza un chorro de aire comprimido seco de alta presión (100 Psig) dirigida al interior de los filtros. Este chorro de aire crea una onda de impacto que hace que los filtros se flexionen momentáneamente. A medida que la onda viaja hacia la parte inferior del filtro, la capa de polvo en el filtro se fractura y una parte cae en la tolva. El polvo remanente se redistribuye y se redeposita sobre la manga.

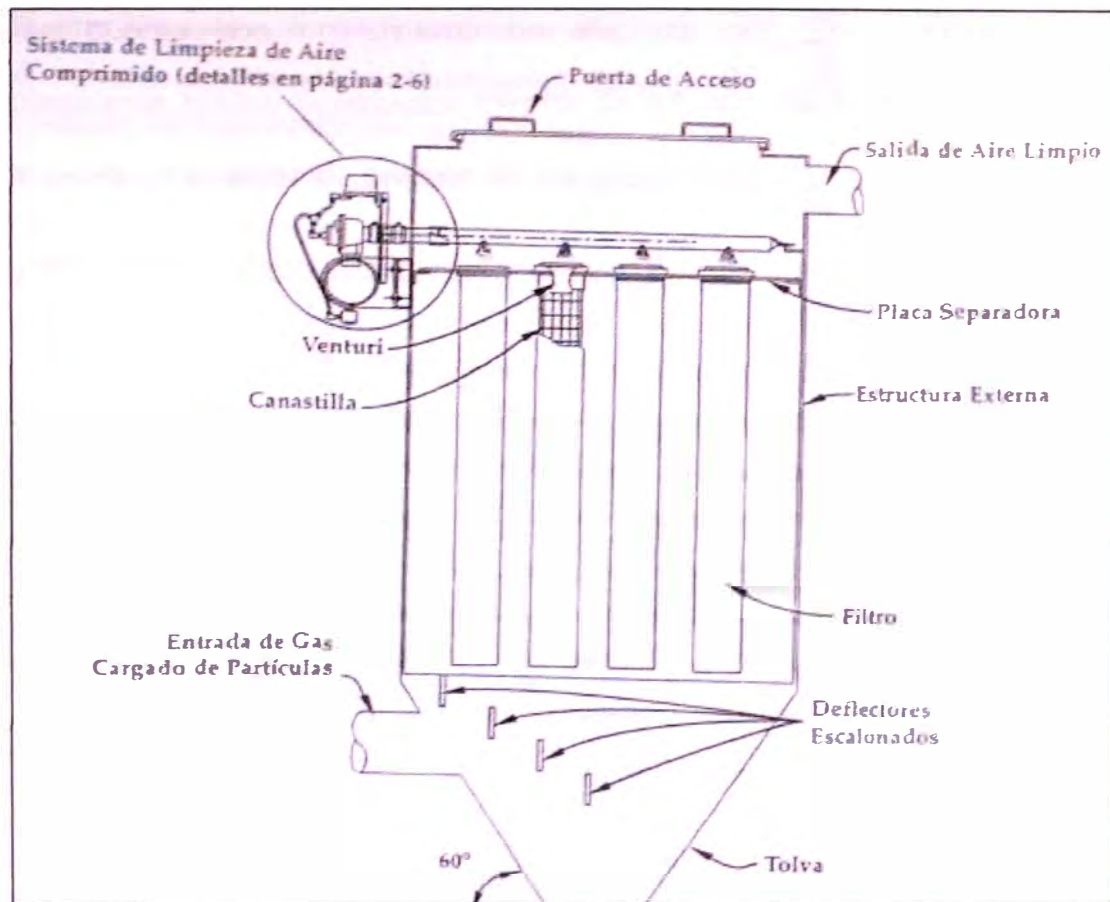


Figura 3.1: Colector de Polvos tipo Pulse Jet

### 3.1.2.- Intercambiador de calor FD cooler <sup>[2]</sup>

Este intercambiador de calor consta de cinco cuerpos por donde pasan los gases calientes a 900 °C (entrada) aproximadamente y son enfriados por un flujo de aire que adsorbe el calor de estos, reduciéndolo a 150 °C (salida) para luego ingresar al sistema de captación de polvo (Precipitador electrostática).

Cada cuerpo que conforma el intercambiador de calor es cruzado por un grupo de tubos, por donde pasa el aire frío del ambiente para enfriar a los gases calientes. Estas tuberías interiormente con el tiempo son cubiertas por el polvo precipitado y reduciendo la eficiencia de enfriamiento para el cual fueron diseñados. Para evitar

esto se cuenta con un sistema de limpieza por aire comprimido, el cual periódicamente realiza la limpieza interior de tubos y así preserva la eficiencia de filtrado y reduce la caída de presión de los gases al interior de los FD cooler.

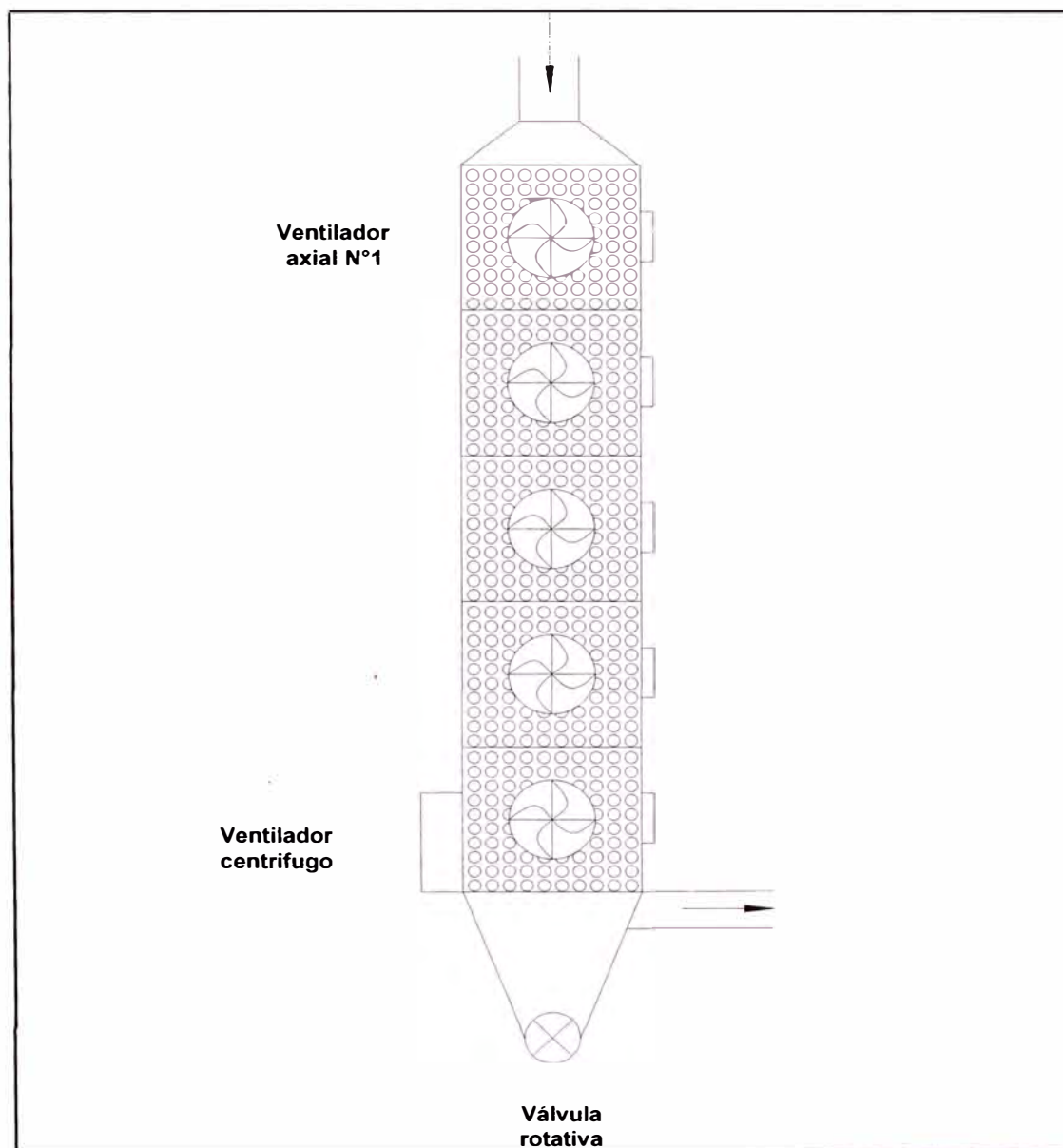


Figura 3.2: Intercambiador de calor FD Cooler

### **3.1.3.- Hornos de eléctricos**

En los Hornos de eléctricos se produce la fusión de las materias primas e insumos, necesarios para elaborar el acero.

Los principales sistemas que conforman el Horno eléctrico son:

- ✓ Sistema de gases combustibles (propano)
- ✓ Sistema de gas inerte (nitrógeno)
- ✓ Sistema de oxígeno industrial.
- ✓ Sistema de Aire Comprimido.
- ✓ Sistema de Aire instrumental.
- ✓ Sistema Hidráulico.
- ✓ Sistema de lubricación.
- ✓ Sistema de agua de refrigeración.
- ✓ Sistema de energía eléctrica.

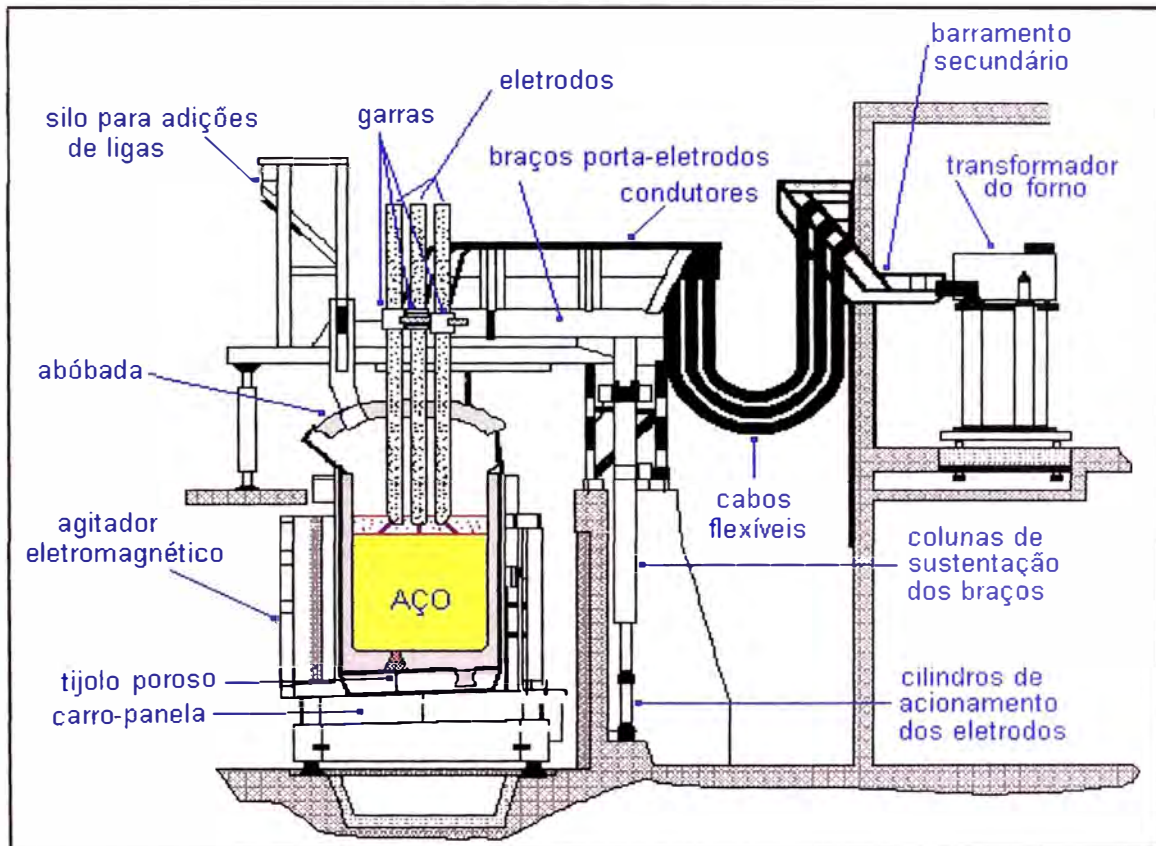


Figura 3.3: Componentes del Horno eléctrico

### 3.1.4.- Horno de recalentamiento Danieli 80 Ton / hr <sup>[3]</sup>

Equipo metalúrgico que se utiliza para recalentar Palanquillas mediante combustión con gas natural de a cuerdo a especificaciones técnicas. Se cargan Palanquillas de 14 m de longitud máximo a una sola fila y Palanquilla de 6.8 m a dos filas.

Este Horno esta compuesto por los siguientes circuitos principales:

- ✓ Circuito de aire para combustión.
- ✓ Circuito de aire para dilución.
- ✓ Presión del horno.
- ✓ Aire comprimido.

- ✓ Aire instrumental.
- ✓ Distribuidor de combustible.
- ✓ Sistema de agua para refrigeración.
- ✓ Sistema para purga con Nitrógeno.
- ✓ Sistema hidráulico.
- ✓ Sistema de lubricación por grasa.

Además, el horno está dividido en cuatro zonas de combustión:

- ✓ Zona N° 1. Zona de precalentamiento.
- ✓ Zona N° 2. Zona de calentamiento.
- ✓ Zona N° 3. Zona de uniformizar izquierda.
- ✓ Zona N° 4. Zona de uniformizar derecha.

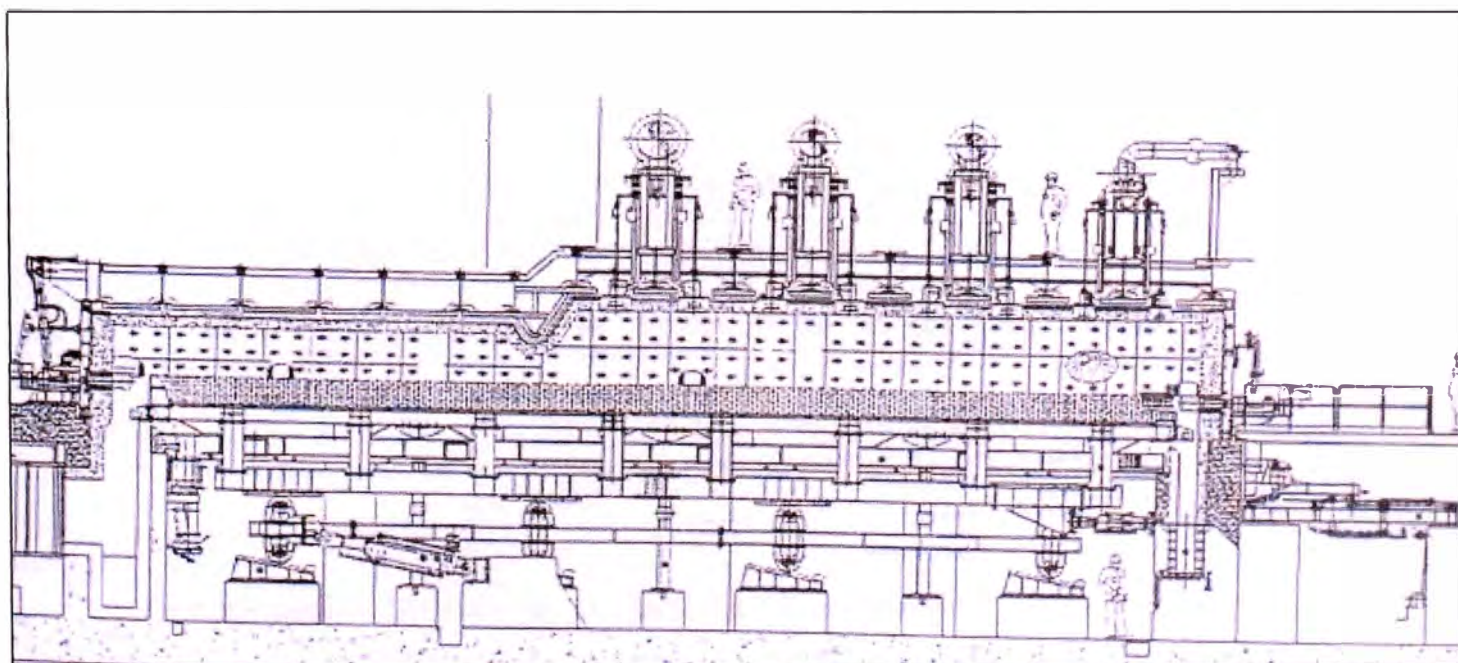


Figura 3.4: Disposición del Horno de Recalentamiento 80 t/hr

### **3.1.5.- Compresor de aire comprimido TS 32S** <sup>[4]</sup>

El compresor de aire industrial del tipo tornillo rotativo, moldeo TS 32S, se encuentra conformado por los siguientes componentes: Compresor, motor eléctrico, Sistema de admisión del compresor, Sistema de descarga del compresor, Sistema de refrigeración y de lubricación del compresor, Sistema de control de capacidad y el Supervisor Controller.

La refrigeración del fluido es a través del aire, para el cual un ventilador extrae aire del motor del ventilador y lo impulsa a través del refrigerador secundario combinado y refrigerador del fluido, retirando de esta manera el calor de la compresión del fluido refrigerante.

Estos compresores de aire se caracterizan por contar con un compresor de dos etapas, de desplazamiento positivo de tipo lubricado.

El fluido se inyecta en el compresor en grandes cantidades y se mezcla directamente con el aire, mientras que los tornillos giran para comprimir el aire. La corriente de fluido tiene tres funciones principales:

- ✓ Refrigeración. Controla la elevación de la temperatura del aire asociada normalmente al calor de la compresión.
- ✓ Estanqueidad de las líneas de fuga entre los tronillos y el estator y entre los tronillos entre si.
- ✓ Lubricación. Se trata de una película lubricante entre los tornillos, lo que permite que uno de los tronillos accione directamente al otro (tornillo libre).

Después de la descarga de la mezcla aire/fluido fuera del compresor, el fluido se separa del aire. En este momento, el aire fluye hacia la línea de servicio y el fluido se refrigera en preparación para su nueva inyección.

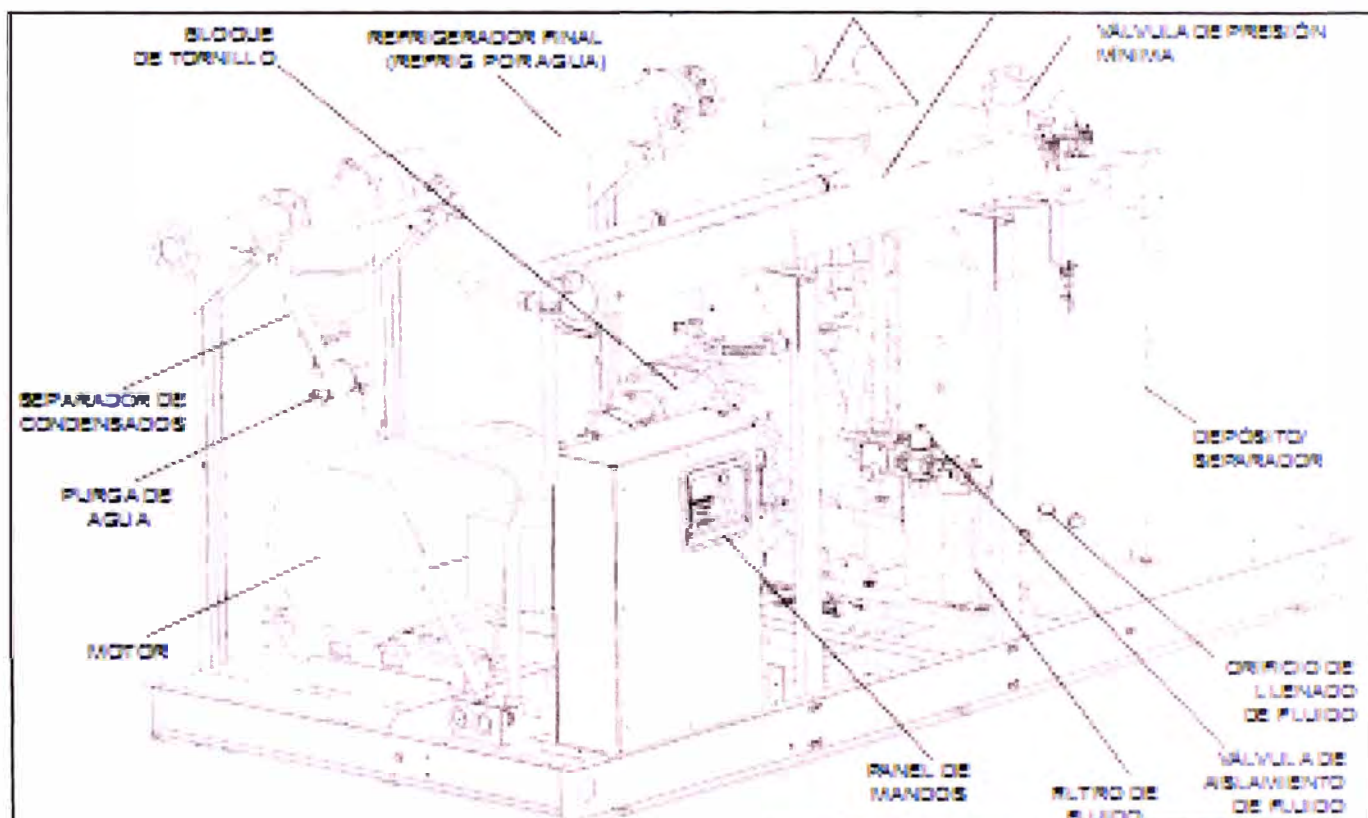


Figura 3.5: Compresor de aire comprimido TS 32S

### 3.1.6.- Secador de aire comprimido regenerativo.

La función de este equipo es reducir el contenido de humedad presente en el aire comprimido, para cual, el aire húmedo pasa por unos tanque que contienen desecantes que captan la humedad presente en el aire.



Los datos técnicos del secador regenerativo actual son:

- ✓ Marca: Ingersoll Rand
- ✓ Modelo: PS 1201-FHMSP
- ✓ Serie: 921 PS 012
- ✓ Capacidad: 1200 ACFM
- ✓ Perdida por purga: 15% del flujo de ingreso
- ✓ Presión máxima: 150 Psig

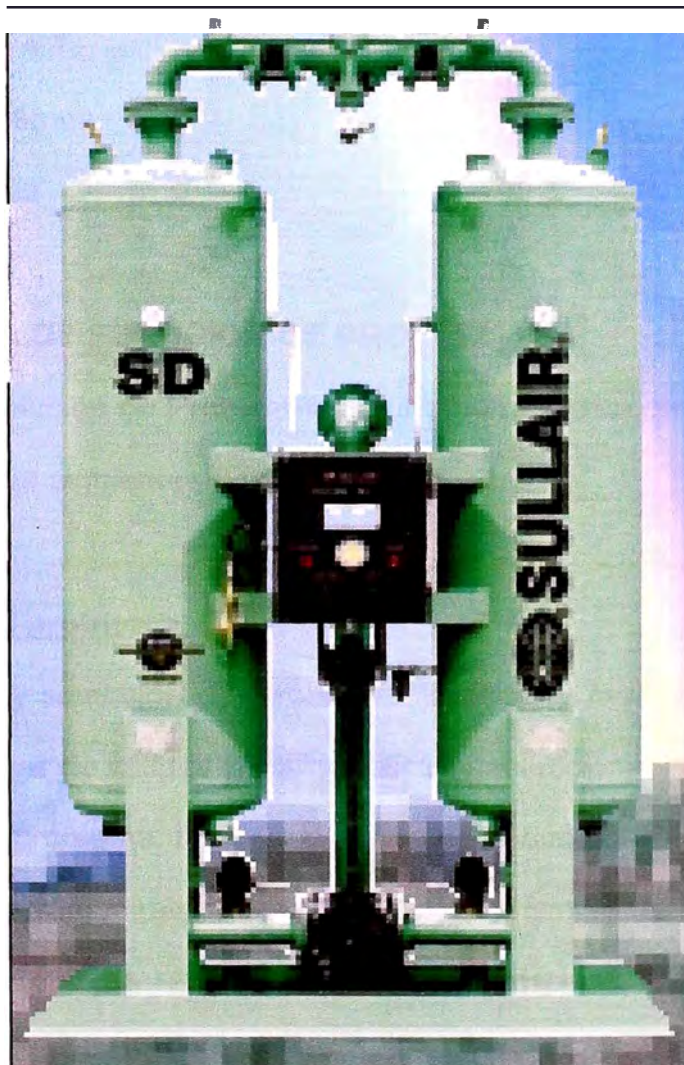


Figura 3.6: Disposición de Secador Regenerativo

### 3.2.- CONVERSION DE UNIDADES PARA FLUJO DE AIRE <sup>[5]</sup>

Según la CAGI existe una relación entre los ACFM y los SCFM, siendo esta:

$$ACFM = \frac{SCFM \times 14.5 \times [T_{amb} + 460]}{[PSIG - P_v \times \%HR] \times [460 + 68]}$$

Donde:

$T_{amb}$  = Temperatura ambiente en grados F.

$P_v$  = Presión de vapor a T.

$P_{sig}$  = Presión barométrica

HR = Humedad relativa

### 3.3.- METODOLOGIA DE SOLUCION DE PROBLEMAS <sup>[6]</sup>

La metodología de Solución de Problemas es una herramienta de la Calidad que esta compuesta por los siguientes pasos:

#### 3.3.1.- Definición del problema

- ✓ Identificación y selección del problema. Explicar y mostrar la aplicación de las herramientas de calidad para identificar y seleccionar el problema.
- ✓ Definición del problema. Explicar claramente el o los problemas identificados y cómo afectan las estrategias de negocio de la empresa.
- ✓ Efectos del problema. Analizar el impacto respecto a objetivos, costos, calidad, productividad, clima laboral, entre otros.

### **3.3.2.- Recolección de Datos**

- ✓ Tipo, tamaño y fuentes de información. Indicar las razones por la cual se determinó el tipo, tamaño y fuente de información utilizados en la colecta y análisis de datos.
- ✓ Toma y análisis de datos. Mostrar la colecta de datos a través de tablas, tendencias, estadística aplicada, etc. Mostrar el análisis entre la situación actual y las expectativas de clientes internos y/o externos, como también la brecha existente entre la situación actual y la deseada. Establecer los objetivos del proyecto.
- ✓ ¿Cómo se verificó que la información no tuviera errores?. Se busca indicar cuales fueron los medios o acciones tomados para verificar y asegurar que la información recopilada no tuviera errores. Mencionar si se tomaron medidas de corrección y quién fue el responsable de validar la información.
- ✓ Responsables del manejo de información. Hacer mención de cómo se definieron a los responsables del manejo, administración y actualización de la información (sea en el caso de reportes, actas, registros, etc.) y explicar brevemente en que consiste su función.

### **3.3.3.- Evaluación de las posibles causas**

- ✓ Identificación de la causa raíz. Explicar y demostrar, a partir de los problemas seleccionados, la aplicación de las diferentes herramientas para determinar las posibles causas hasta llegar a las causas raíces. Tener en cuenta para este análisis la opinión de los clientes internos y/o externos, además de todos los involucrados en el proceso y equipo afectado.
- ✓ Selección de la causa raíz. Elaborar un cuadro resumen que permita mostrar las causas raíces y su procedencia (causa principal o problema

seleccionado). De ser el caso, realizar un análisis profundo de las causas raíces seleccionadas para posteriormente comparar la magnitud de los beneficios obtenidos a partir de las mejoras implementadas.

#### **3.3.4.- Evaluación de las posibles soluciones**

- ✓ Estudio de las posibles soluciones. Realizar el estudio de las posibles soluciones a partir de las causas raíces identificadas en el 3er paso. Se evaluará la aplicación lógica y correcta de las herramientas de calidad.
- ✓ Selección de las mejoras. Realizar un cuadro resumen de las mejoras seleccionadas y su procedencia (causa raíz). Explicar por qué las soluciones escogidas son originales y creativas, comparar qué alternativas existen en el mercado.
- ✓ Impacto de las mejoras. Demostrar que las soluciones escogidas son de bajo costo y alto impacto. Comparar las alternativas del mercado en lo referente a costos y condiciones de operación. Listar los impactos favorables en lo que respecta a el ámbito: económico, social (comunidad y trabajadores), condiciones de trabajo y los clientes. Mostrar el beneficio proyectado a partir de la aplicación de las mejoras.

#### **3.3.5.- Aplicación de las mejoras**

- ✓ Planificación y control de actividades. Determinar las actividades a realizarse para realizar una mejora, asignar las responsabilidades de cada uno de los miembros del equipo, los recursos y plazos de ejecución. Al plantear las cronogramas se deberá considerar que actividad se realizará, quien ejecutará cada actividad, cuando se realizará, como y donde se va a realizar y cuanto costará cada actividad. Mencionar como se logró la colaboración y apoyo de personas y áreas claves para el desarrollo del

proyecto. Mencionar que tipo de documentación se utilizó para gestionar el proyecto (tales como actas de reunión, informes, estudios, etc.) y las responsabilidades en materia de redacción, mantenimiento, registro, control y distribución de la documentación.

- ✓ Plan de contingencias. Desarrollar un plan de contingencias considerando situaciones que impidan la realización de una mejora, que considere como abordar esas situaciones y que se puede hacer para mitigar o eliminar esas situaciones.
- ✓ Ejecución de actividades. Explicar como se llevaron los controles y medios de seguimiento al cumplimiento de las actividades. Demostrar la planificación completa de cada mejora y su implementación (mostrar de manera visual o audiovisual la situación anterior, la mejora y situación posterior).

### **3.3.6.- Evaluación de resultados**

- ✓ Evaluación de resultados. Mostrar los beneficios cuantitativos y cualitativos, realizar la comparación del antes y después de los datos analizados en el 2do paso y la satisfacción al cliente. Verificar si los objetivos fueron alcanzados, de lo contrario justificar el por qué no se lograron alcanzar.
- ✓ Evaluación Económica. Realizar y validar los resultados económicos alcanzados por las mejoras implementadas (beneficios brutos y netos).
- ✓ Retorno de la Inversión. Evaluación y cuantificar la inversión realizada en el proyecto y calcular el tiempo de retorno de la inversión.

### **3.3.7.- Estandarización y conclusiones**

- ✓ Estandarización y mejora continua. Describir y mostrar los medios por los cuales se busca sostener las mejoras implementadas y garantizar su mejoramiento continua, esto incluye documentación formal, instrucciones,

programas de inducción, indicadores de gestión, hojas de chequeo, capacitación, el ingreso a los sistemas de soporte de la compañía, entre otros

- ✓ Ventajas y desventajas de las herramientas de calidad empleadas. Listar las herramientas de calidad utilizadas en el desarrollo del proyecto y poder identificar los aspectos positivos y negativos de cada una de ellas.
- ✓ Conclusiones.

### **3.4.- VIDA UTIL ECONOMICA DE UN ACTIVO <sup>[8]</sup>**

En evaluación de proyectos de inversión, un aspecto importante es la determinación de la vida útil de activos para su utilización en temas como reemplazo de activos o la perpetuidad de las inversiones.

El activo que sustenta la producción de un bien o servicio posee una vida útil como tal; es decir, llega el momento en que, por desgaste, no puede seguir siendo utilizado para los fines que fue fabricado o adquirido; inclusive puede ser económicamente mas conveniente retirarlo de los activos de la empresa antes de ese momento.

La vida útil se puede prolongar (o acortar) aumentando (o disminuyendo) los gastos de mantenimiento. A pesar de esto, no es imprescindible que el activo llegue al término de su vida útil como tal, inclusive en la situación de que el activo se halle óptimamente mantenido; por razones económicas, se puede dejar de utilizar el activo.

El periodo durante el cual se debe utilizar el activo atendiendo a razones económicas se denomina “vida útil económica” del activo.

Para poder determinar la vida útil económica de un activo utilizamos el instrumento financiero denominado: “Costo anual equivalente”.

### **3.4.1.- Costo anual equivalente de la inversión**

Se utiliza el concepto de anualidades para tener un esquema que permita elegir, en términos comparables, entre varias alternativas.

El concepto del costo anual equivalente se sustenta en que las inversiones se repetirán indefinidamente; cada vez que se liquida un activo, se vuelve a invertir en uno similar. De esta forma, se considera que los reemplazos se hacen de manera perpetua.

Para determinar el período óptimo de reemplazo de un activo, primeramente se debe calcular el costo anual equivalente de la inversión para cada período de reemplazo, es decir, para una política de reemplazo al período uno, dos, tres, etc.

Una vez determinado los costos equivalentes de la inversión resultantes de políticas de reemplazo a uno, dos, tres, etc. Periodos; conviene elegir el que presenta menores costos anuales equivalentes de la inversión.

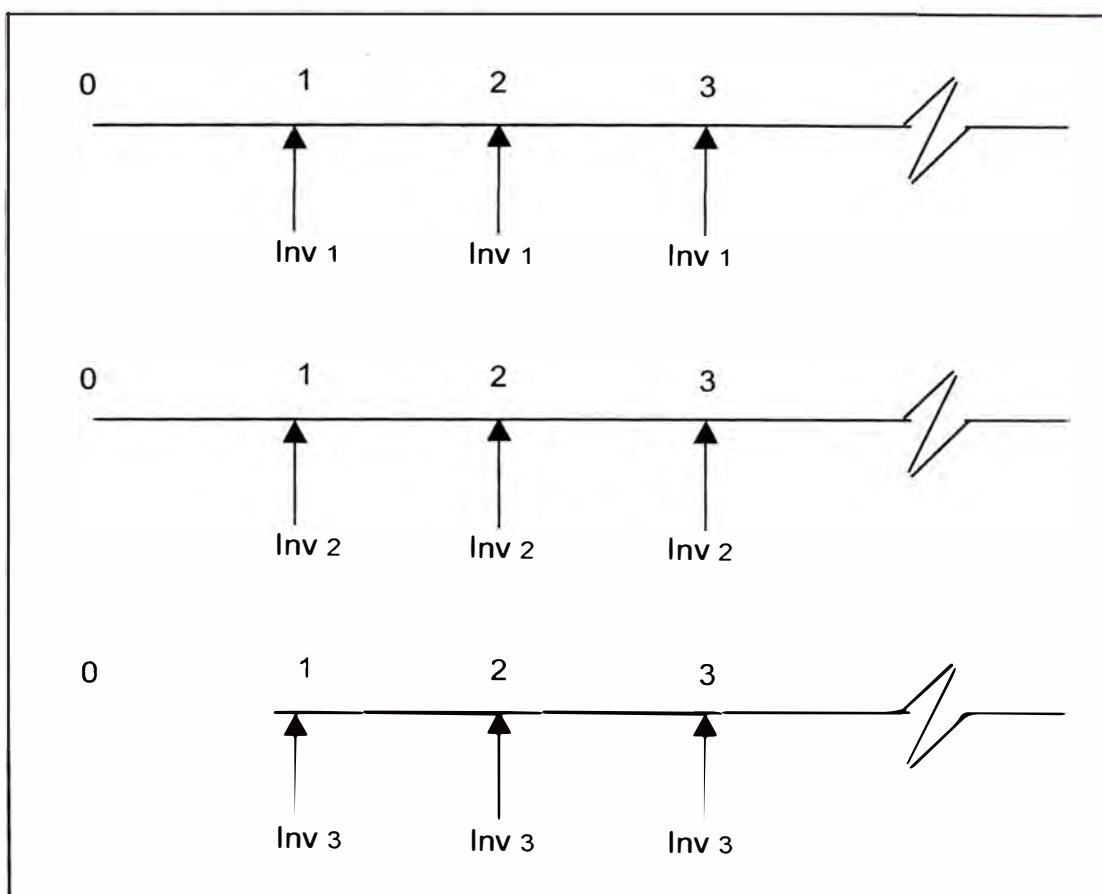


Figura 3.7: Costos anuales equivalentes de la inversión

El análisis no es completo si no se analiza el otro componente de los costos de un activo: los costos de operación y mantenimiento.

### 3.4.2.- Costo anual equivalente de la operación y mantenimiento

De forma similar, se utiliza el concepto de anualidades, con la finalidad de comparar y elegir entre varias alternativas.



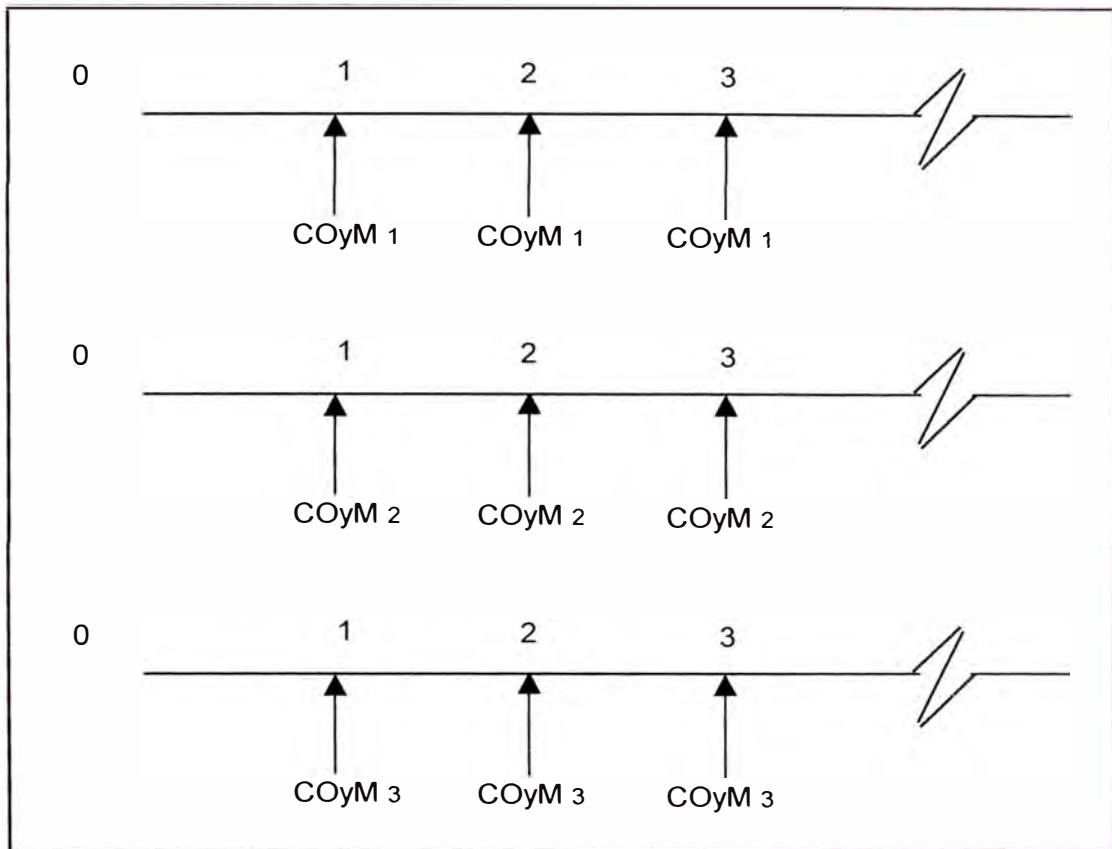


Figura 3.8: Costos anuales equivalentes de la Operación y Mantenimiento

Para determinar el Costo anual equivalente total, se debe considerar los costos de inversión y los costos de operación y mantenimiento.

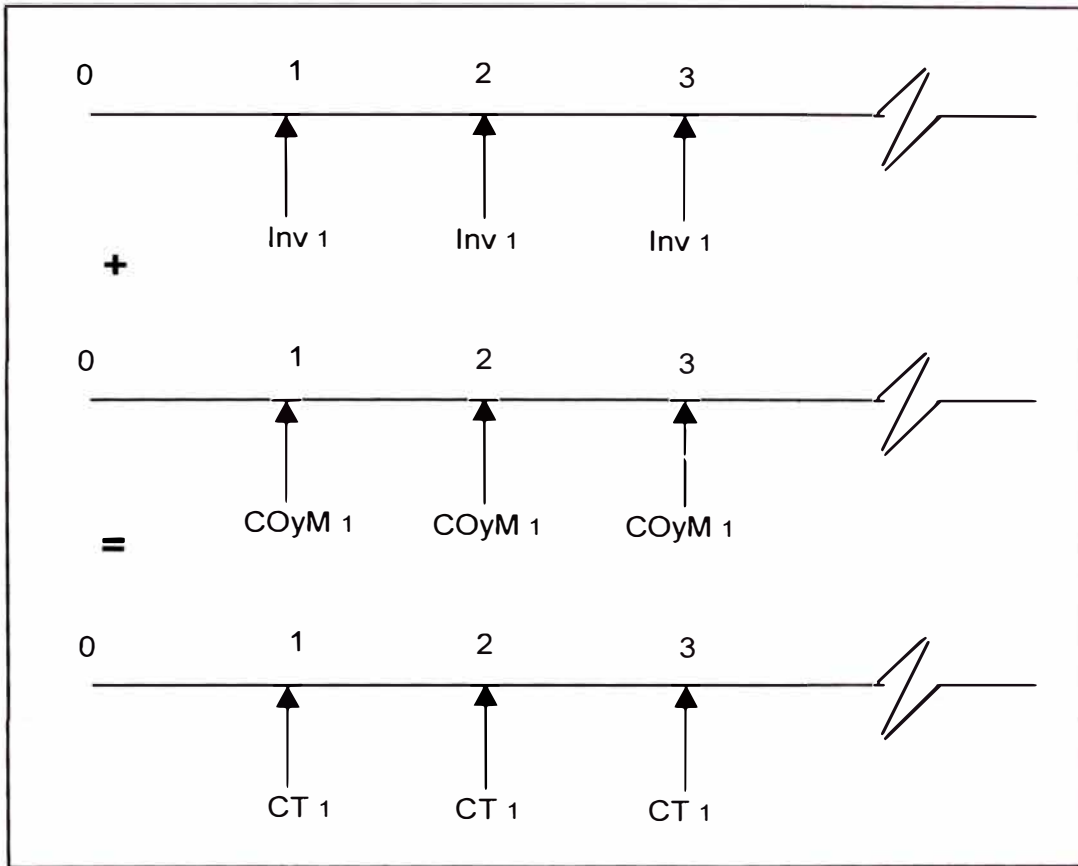


Figura 3.9: Costos anual equivalente total

## **CAPITULO IV**

### **ESTADO ACTUAL DE LA PLANTA II - PISCO**

Durante la evaluación de la problemática existente en el Sistema de Aire Comprimido en las Plantas que conforman la Planta Siderúrgica – Sede II - se han encontrado las siguientes deficiencias:

#### **4.1.- PLANTA REDUCCION DIRECTA**

- ✓ Falta de capacidad en el compresor para mejorar el sistema de limpieza del Intercambiador de Calor FD cooler del Precipitador Electrostático.
- ✓ Incremento de los costos de mantenimiento del compresor GA 607 en los últimos años.
- ✓ Elevado régimen de trabajo del compresor GA 607, ya que actualmente el equipo opera las 24 horas del día, incrementando el desgaste de las piezas y reduciendo su confiabilidad.
- ✓ Falta de un equipo en Stand By en la Sala de Compresores de la Planta, ya que ante futuros problemas en el actual compresor GA 607, no se cuenta con una alternativa de solución que garantice el trabajo continuo de los equipos que son dependientes del aire generado por este equipo.

La distribución del consumo de Aire Comprimido en la Planta de Reducción Directa, lo podemos observar en el Anexo I (Plano N°: P4HR-10000-001).

#### **4.2.- PLANTA ACERIA**

- ✓ Perdidas de aire comprimido por uso de equipos poco eficientes.
- ✓ Continúas caídas de presión en el sistema de aire comprimido de dicha Planta.
- ✓ Deficiencia en el sistema de limpieza de los filtros de mangas por caída de presión
- ✓ Continuo trabajo de los compresores de la Planta de Acería.

La distribución del consumo de Aire Comprimido en la Planta de Acería, lo podemos observar en el Anexo I (Plano N°: P1AC-10000-001)

## CAPITULO V

### MEJORAS EN EL SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO EN LA PLANTA II

#### 5.1.- OPTIMIZAR EL SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO EN LA PLANTA

##### REDUCCION DIRECTA

##### **5.1.1.- Definición del Problema**

Aplicando una lluvia de ideas podemos listar los problemas más relevantes en la Planta de Reducción Directa referidas al Sistema de Aire Comprimido:

- ✓ Falta de capacidad en el compresor para mejorar el sistema de limpieza del Intercambiador de Calor FD cooler del Precipitador Electrostático.
- ✓ Incremento de los costos de mantenimiento del compresor GA 607 en los últimos años.
- ✓ Elevado régimen de trabajo del compresor GA 607, ya que actualmente el equipo opera las 24 horas del día, incrementando el desgaste de las piezas y reduciendo su confiabilidad.
- ✓ Falto de un equipo en Stand By en la Sala de Compresores de la Planta, ya que ante futuros problemas en el actual compresor GA 607, no se cuenta con una alternativa de solución que garantice el trabajo continuo de los equipos que son dependientes del aire generado por este equipo.

Agrupando por afinidad los problemas listados, obtendríamos:

Cuadro 5.1: Cuadro de afinidad de los problemas

ITEM	DESCRIPCION DEL PROBLEMA	AGRUPAMIENTO POR AFINIDAD
1	Falta de capacidad en el compresor para mejorar el sistema de limpieza del Intercambiador de Calor FD cooler del Precipitador Electrostático	Falta de capacidad del compresor GA 607
2	Falto de un equipo en Stand By en la Sala de Compresores de la Planta, ya que ante futuros problemas en el actual compresor GA 607, no se cuenta con una alternativa de solución que garantice el trabajo continuo de los equipos que son dependientes del aire generado por este equipo	Falta de compresor de Stanb by
3	Elevado régimen de trabajo del compresor GA 607, ya que actualmente el equipo opera las 24 horas del día, incrementando el desgaste de las piezas y reduciendo su confiabilidad	
4	Incremento de los costos de mantenimiento del compresor GA 607 en los últimos años	Compresor GA 607 de baja confiabilidad

Del cuadro 5.1, podemos determinar 3 grandes problemas presentes en el Sistema de Aire comprimido de dicha Planta, por lo que el problema a resolver en el proyecto sería: Falta de capacidad y confiabilidad de la unidad compresora de la Planta de Reducción Directa.

### 5.1.2.- Recolección de Datos

Analizaremos el comportamiento de 3 indicadores relacionados al problema planteado, estos son:

- ✓ Costos por mantenimiento del Compresor GA 607
- ✓ Régimen de trabajo de la compresora GA607
- ✓ Temperatura de los humos al ingreso del Precipitador Electrostático.

#### 5.1.2.1.- Costos por Mantenimiento del Compresor GA 607

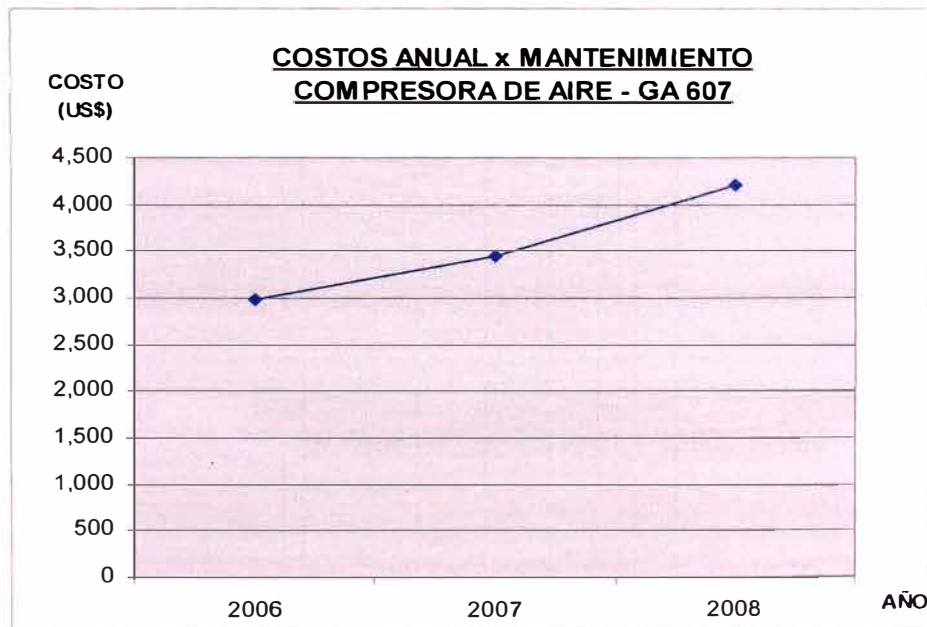


Gráfico 5.1: Costo Anual por Mantenimiento de la Compresor GA 607

**Fuente:** Software Gestión Mantenimiento MAXIMO <sup>[7]</sup>

**5.1.2.2.- Régimen de trabajo de la Compresora GA 607**

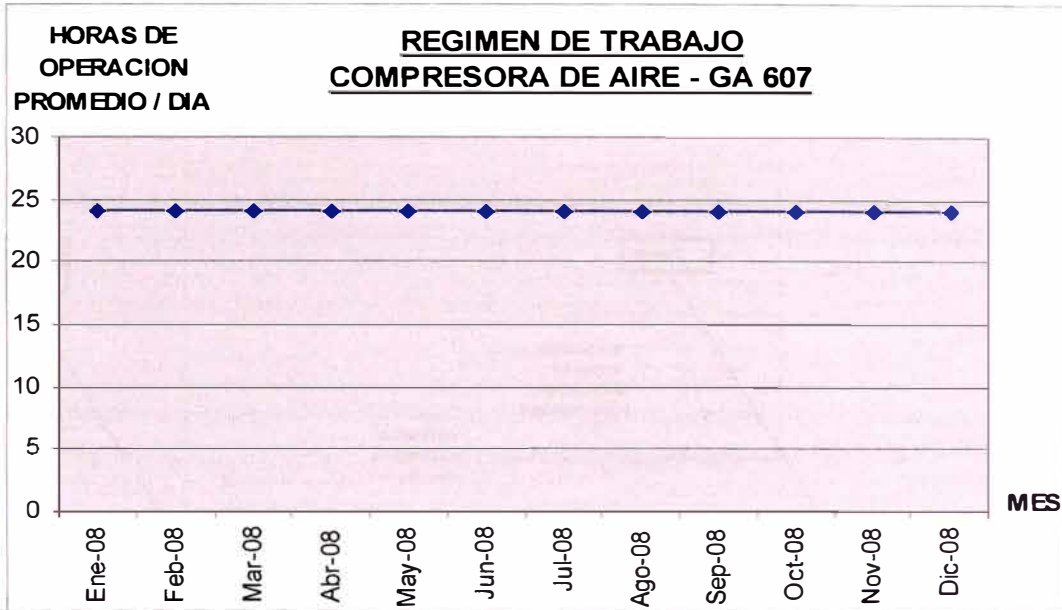


Grafico 5.2: Régimen de trabajo de Compresora GA 607

**5.1.2.3.- Temperatura de los humos al ingreso del Precipitador Electrostático**

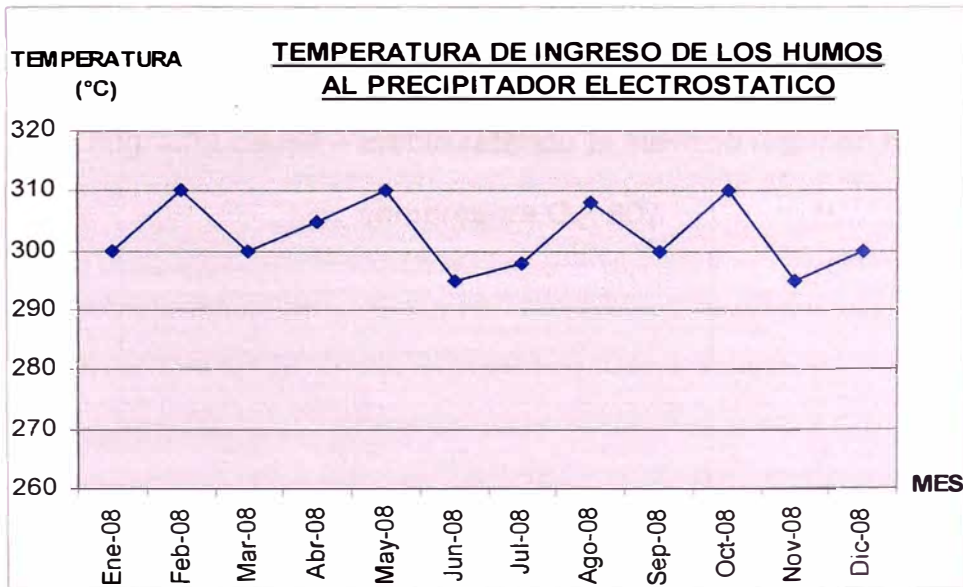


Grafico 5.3: Temperatura de ingreso de los Humos al Precipitador Electrostático

**Fuente:** Reporte de Jefes de turno – Planta Reducción Directa



### 5.1.3.- Evaluación de Posibles Causas

#### 5.1.3.1.- Análisis Causa – Efecto

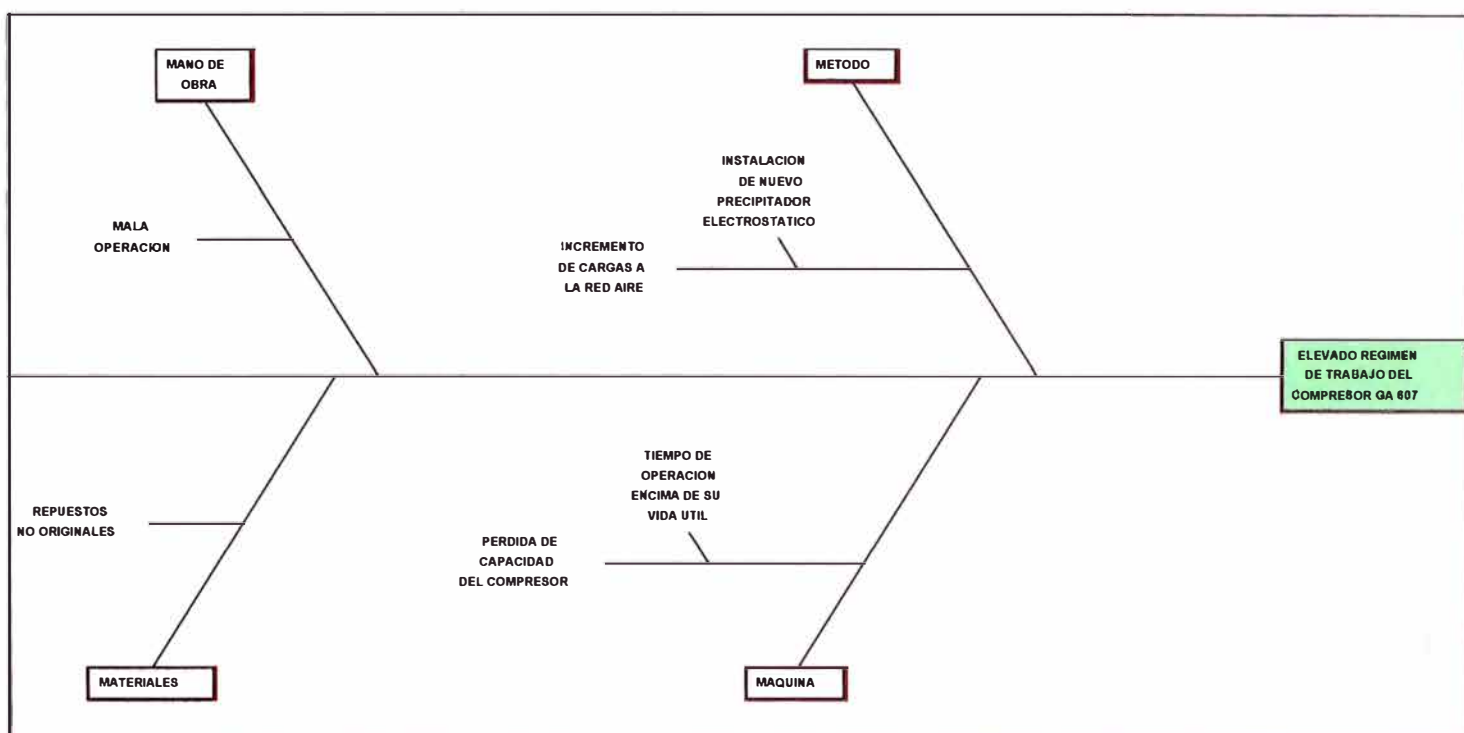


Figura 5.1: Diagrama causa – efecto referido al elevado régimen de trabajo de la compresora GA 607

### 5.1.3.2.- Evaluación de la capacidad de la unidad compresora de Planta

#### Reducción Directa

##### 5.1.3.2.1.- Cálculo de los puntos de consumo de aire comprimido en la planta

- ✓ Colectores de polvo tipo Pulse Jet.

Según el fabricante recomienda (Fabricante BHA) que para sistemas del tipo pulse jet, el consumo de aire comprimido para el sistema de limpieza depende de la frecuencia programada de cada pulso, siendo esto lo siguiente:

Normal: 18 SCFM de aire comprimido x 15 seg. entre cada pulso.

Máximo: 45 SCFM de aire comprimido x 6 seg. entre cada pulso.

Actualmente contamos con algunos colectores que están programados para disparar cada 10 seg. por tanto si interpolamos tendríamos:

$$\frac{X - 18}{45 - 18} = \frac{10 - 15}{6 - 15}$$

$$X = 33 \text{ SCFM}$$

Realizando la conversión de unidades estándar a actuales. Para nuestro caso, las condiciones actuales son (Fuente: Sala control Reducción directa):

$$T = 17.5 \text{ C} = 63.5 \text{ F}$$

$$\text{HR} = 76.8\%$$

$$P = 764.2 \text{ mmHg} = 14.77 \text{ Psi}$$

$$P_v = 0.2763 \text{ Psi}$$

Por lo tanto:

El consumo promedio de aire comprimido por cada colectores del tipo pulse jet es de 32.58 ACFM

✓ Cooler del Precipitador Electrostático (ESP).

Según el fabricante recomienda (Fabricante SANGHAVI GROUP) que el consumo de aire requerido para el sistema de limpieza del intercambiador de calor FD cooler, debe ser:

Se requiere 0.35 m<sup>3</sup> por disparo (De 1 seg. Cada 4 minutos a 7.5 Kg/cm<sup>2</sup>)

$$Q = \frac{V}{t}$$

Para una frecuencia de disparo de t = 10 seg. Tenemos:

$$Q = \frac{0.35}{10} = 74.16 ACFM$$

✓ Tomas para limpieza local.

Según el fabricante recomienda (Sullair):

Para un a tubería de ½" a 4 bar y ½ apertura de válvula el consumo de aire comprimido debe ser de 9 ACFM.

## 5.1.3.2.2.- Requerimiento de Aire Comprimido de la Planta Reducción Directa

Cuadro 5.2: Requerimiento total de aire Planta Reducción Directa

ITEM	PUNTO DE CONSUMO	CONSUMO (ACFM)
1	Colector de polvo producto terminado	32.58
2	Colector de polvo manipuleo carbón	32.58
3	Colector de polvo TR-2	17.77
4	Colector de polvo silo caliza	17.77
5	Colector de polvo silo carbón	17.77
6	Colector de polvo pellet	17.77
7	Colector de polvo carbón	17.77
8	Colector de polvo antracita	17.77
9	Cooler 1 - Precipitador	74.16
10	Cooler 2 - Precipitador	74.16
11	Limpieza – Carbón	9
<b>Sub-total:</b>		329.1

Ahora, si solo consideramos los consumos de los ítem 1,2,7,8,9 y 10 (Por ser de mayor uso) tendríamos que el requerimiento parcial sería:

Cuadro 5.3: Requerimiento parcial de aire Planta Reducción Directa

ITEM	PUNTO DE CONSUMO	CONSUMO (ACFM)
1	Colector de polvo producto terminado	32.58
2	Colector de polvo manipuleo carbón	32.58
3	Colector de polvo carbón	17.77
4	Colector de polvo antracita	17.77
5	Cooler 1 - Precipitador	74.16
6	Cooler 2 - Precipitador	74.16
<b>Sub-total:</b>		249.02

## 5.1.3.2.3.- Capacidad instalada en la Planta Reducción Directa

Cuadro 5.4: Capacidad instalada de aire Planta Reducción Directa

ITEM	CAPACIDAD	FLUJO (ACFM)
1	Capacidad teórica	273
2	Perdida capacidad (15%)	40.95
	<b>Capacidad instalada</b>	<b>232.05</b>

Del resultado de los cuadros 5.3 y 5.4 podemos concluir que el compresor actual esta operando a su plena capacidad y tiene limitaciones para abastecer otras cargas en simultaneo (Falta de capacidad).

#### 5.1.4.- Evaluación de Posibles Soluciones

Analizaremos dos alternativas de solución:

- ✓ Instalar una nueva unidad compresora.
- ✓ Mejorar la confiabilidad de la unidad compresora GA 607

##### 5.1.4.1.- Instalar una nueva unidad compresora

- ✓ Capacidad de la nueva unidad compresora

Cuadro 5.5: Capacidad de nuevo compresor

ITEM	DESCRIPCION	CONSUMO (ACFM)
1	Requerimiento total de la Planta	329.1
2	Perdidas (5%)	16.45
3	Ampliaciones (10%)	32.91
	<b>Requerimiento (ACFM):</b>	<b>378.46</b>

- ✓ Inversión

Datos técnicos del compresor a adquirir:

Tipo: Compresor con control volumen variable

Modelo: 5509 PS

Capacidad: 75 Hp

Flujo: 349 ACFM

Rango de presiones: 125-135 Psig

Cuadro 5.6: Inversión por compra de nuevo compresor de 75 Hp

ITEM	COMPONENTE	COSTO (\$)
1	Compresor 5509 PS	27,770
2	Secador SRL-500	7,940
3	Filtro SCF-700	1,190
4	Instalación eléctrica y civil	1,500
	<b>Inversión (\$):</b>	<b>38,400</b>

✓ Costo operativo

Según la capacidad del motor nuevo = 75 hp.

Tiempo de operación = 16 hr/día

Costo de energía = 0.03 \$/Kw-hr

Consumo energía = 56 Kw x 16 hr/día x 365 día/año x 0.03 \$/Kw-hr = 9,811 \$/año

✓ Costo por Mantenimiento del compresor

Costo anual x mantenimiento preventivo = \$ 1,000

Incremento x tipo de mantenimiento = \$ 500 cada 3 años.

#### 5.1.4.2.- Mejorar la confiabilidad de la unidad Compresora GA 607

✓ Inversión

Debemos considerar los costos referentes a las grandes reparaciones que requiere este equipo, siendo necesario actualmente un Overhaul.

Costo Over hall = \$ 5,342.20 (Cotización Atlas Copco N° ST0659/09).

✓ Costo operativo

- Consumo de Energía

Capacidad del motor nuevo = 75 hp.

Tiempo de operación = 24 hr/día

Costo de energía = 0.03 \$/Kw-hr

Consumo de energía = 56 Kw x 24 hr/día x 365 día/año x 0.03 \$/Kw-hr = 14,716 \$/año

- Pérdida de producción de Carbón Bituminoso

La producción de Carbón bituminoso en TR-2, polvo fino captado en los colectores tipo pulse jet, es de 5 Ton / Día.

Al considerar una parada promedio de 5 días por año del compresor, por reparaciones mayores, tendríamos asociado una pérdida de producción de carbón bituminoso al no poder captar polvo fino, dicho valor asciende:

Costo de Carbón bituminoso = 101.43 \$ / Ton

Perdida de producción Carbón bituminoso x parada = \$ 2,535.75 x año

- ✓ Costo de mantenimiento del Compresor GA 607

Del Gráfico N° 5.1 podemos concluir:

Costo promedio x mantenimiento = \$ 3,000 anuales

Incremento anual del mantenimiento = \$ 500 x año.

#### **5.1.4.3.- Determinando el Valor actual neto de las dos alternativas <sup>[8]</sup>**

Para poder decidir entre las dos alternativas calcularemos la Anualidad Equivalente de cada una de dicha propuestas, siendo la que resulte el de menor valor la elegida.



Cuadro 5.7: Valor actual neto de alternativas

**DATOS GENERALES**

**1.- Primera Opción: Compra de nuevo compresor 5509 PS**

Costo compresora nueva	38,400	US\$
Costo producción	9,811	US\$/año
Costo mantenimiento	1,000	US\$/año
Incremento mantto x año	500	US\$/ 3 años
Vida util	15	años
Valor residual	0	US\$

**2.- Segunda Opción: Overhaul Compresor actual GA 607**

Reparación compresora actual	5,342	US\$
Costo producción	14,716	US\$/año
Perdida producción bituminoso	2,535	US\$/año
Costo mantenimiento	3,000	US\$/año
Incremento mantto x año	500	US\$/año
Vida util	6	años
Valor residual	0	US\$

Tasa de referencia 10%

**ANUALIDAD EQUIVALENTE**

**1.- Compra de nuevo compresor 5509 PS**

Descripción de egreso	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Inversión	(38,400)															
Costo por Producción		(9,811)	(9,811)	(9,811)	(9,811)	(9,811)	(9,811)	(9,811)	(9,811)	(9,811)	(9,811)	(9,811)	(9,811)	(9,811)	(9,811)	(9,811)
Costo por Mantenimiento		(1,000)	(1,000)	(1,000)	(1,500)	(1,500)	(1,500)	(2,000)	(2,000)	(2,000)	(2,500)	(2,500)	(2,500)	(3,000)	(3,000)	(3,000)
		(10,811)	(10,811)	(10,811)	(11,311)	(11,311)	(11,311)	(11,811)	(11,811)	(11,811)	(12,311)	(12,311)	(12,311)	(12,811)	(12,811)	(12,811)

VAN:	(\$126,134)
Anualidad equivalente:	(\$16,583)

**2.- Overhaul Compresor actual GA 607**

Descripción de egreso	0	1	2	3	4	5	6
Inversión	(5,342)						
Costo por Producción		(14,716)	(14,716)	(14,716)	(14,716)	(14,716)	(14,716)
Perdida producción bituminoso		(2,535)	(2,535)	(2,535)	(2,535)	(2,535)	(2,535)
Costo por Mantenimiento		(3,000)	(3,500)	(4,000)	(4,500)	(5,000)	(5,500)
		(20,251)	(20,751)	(21,251)	(21,751)	(22,251)	(22,751)

VAN:	(\$98,382)
Anualidad equivalente:	(\$22,589)

Los menores costos y por consiguiente la mejor alternativa es la compra de una nueva unidad compresora para mejorar el sistema de aire comprimido (Anualidad equivalente = \$ -16,582).

Los mayores costo lo generaría la mantención de la compresora GA 607 (Anualidad equivalente = \$ -22,589).

#### **5.1.5.- Aplicación de las Mejoras**

El cronograma de trabajo para la implementación de la mejora elegida la podemos detallar en el Gant de Actividades del Anexo II (Cronograma N°1: Instalación de compresora de aire 5509 PS).

### 5.1.6.- Evaluación de Resultados

Los resultados luego de la implementación de la mejora fueron:

#### 5.1.6.1.- Costos por Mantenimiento del Compresor GA 607

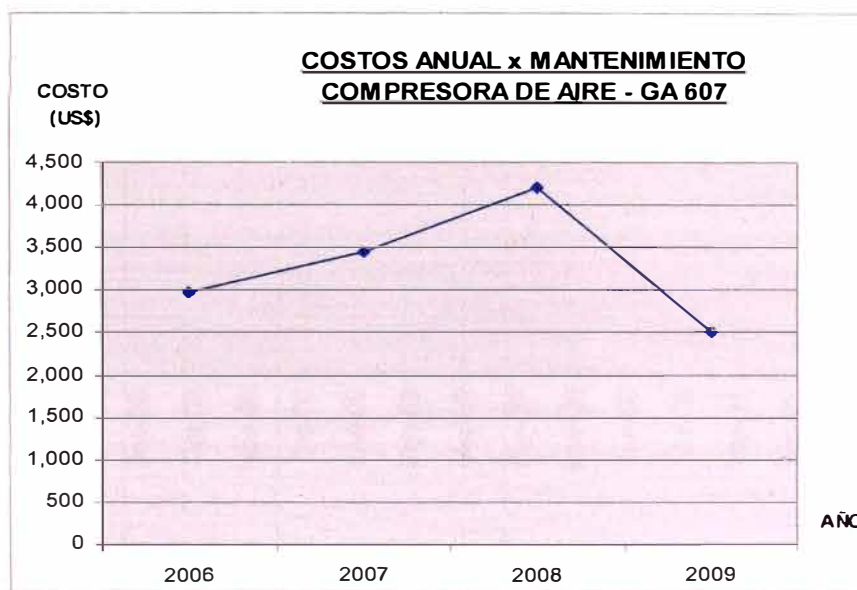


Grafico 5.4: Resultados en los Costos de Mantenimiento

#### 5.1.6.2.- Régimen de trabajo de la Compresora GA 607

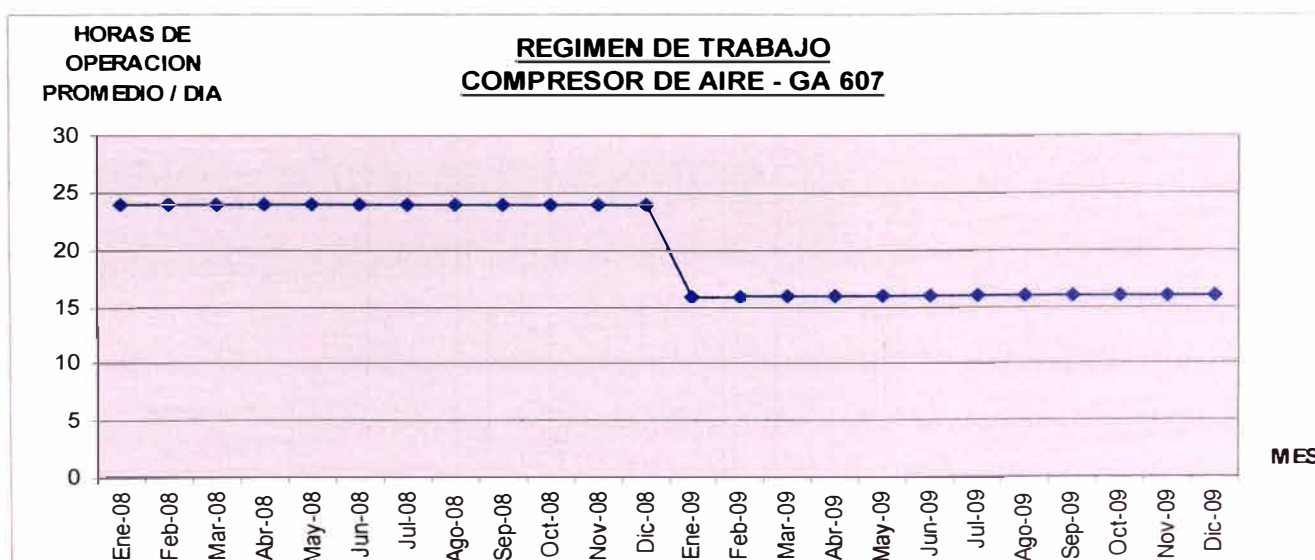


Grafico 5.5: Resultados en el régimen de trabajo

### 5.1.6.3.- Temperatura de los humos al ingreso del Precipitador Electrostático

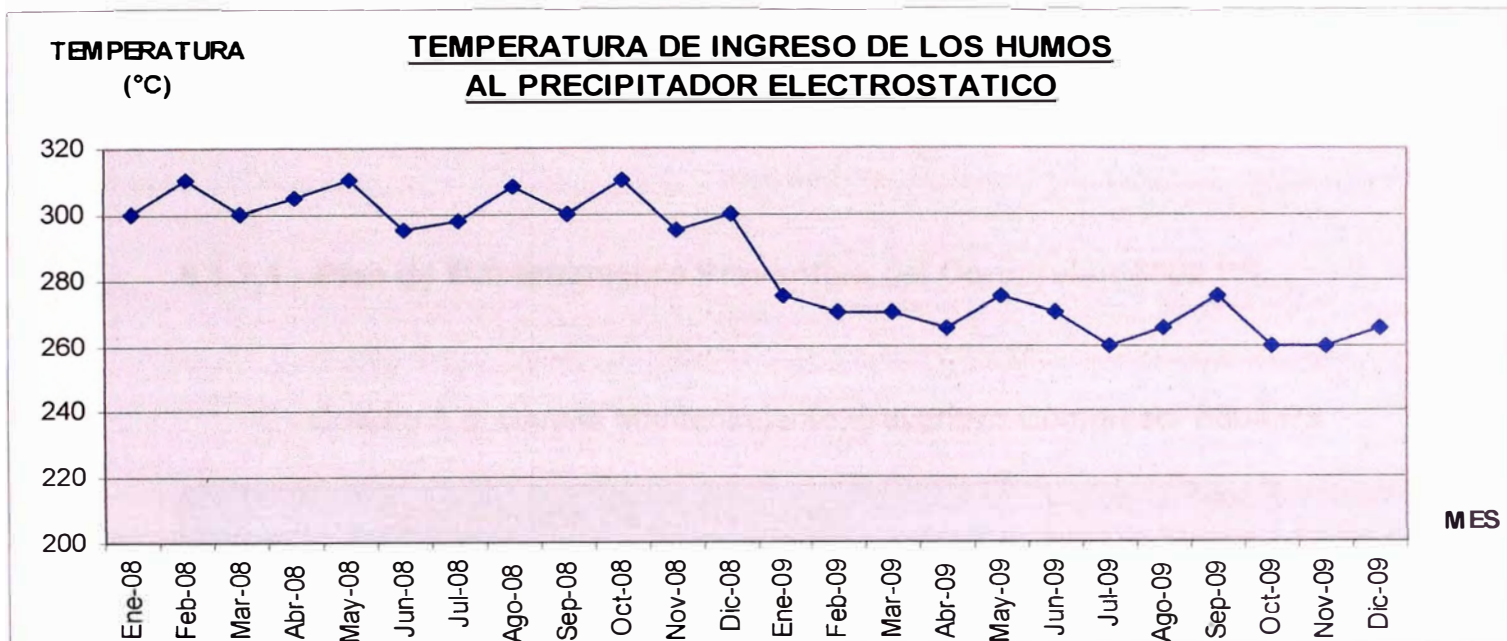


Grafico 5.6: Resultados en la Temperatura de ingreso de los humos

### 5.1.7.- Estandarización

Como parte de la estandarización se generaron los siguientes documentos:

- ✓ Plan de mantenimiento preventivo del compresor 5509 PS
- ✓ Planos de instalación del compresor 5509 PS

#### 5.1.7.1.- Plan de Mantenimiento Preventivo del Compresor 5509 PS

Cuadro 5.8: Cartilla Mantenimiento Preventivo Compresor 5509 PS

DESCRIPCION DE ACTIVIDADES	100 horas	1000 horas	8000 horas (*)
<b>TAREAS MECANICAS</b>			
Limpieza de filtros del circuito de retorno		X	X
Lubricar acoplamiento del mando Sullicon		X	X
Cambio de filtros de fluido		X	X
Cambio de aceite del compresor			X
Cambio de cajetines del separador			X
Inspección del visor de retorno de fluido			X
Ajuste del diferencial del regulador			X
Verificación del alineamiento entre motor y compresor			X
Monitoreo de vibración y temperatura	X		
Verificar la existencia de sonidos irregulares	X		
Mantenimiento de los reguladores de presión			X
Verificar presencia de fugas de aceite	X		
Verificar presencia de fugas de aire	X		
<b>TAREAS ELECTRICAS</b>			
Toma de medidas de amperaje y voltaje	X		
Limpieza exterior del motor	X		
Verificar aislamiento del motor			X
Inspección del estado de los rodamientos			X
Verificar el estado de los contactores, reles y llaves térmicas			X
Verificar la existencia de falsos contactos en las borneras		X	
Limpieza del tablero eléctrico	X		

(\*) Mantenimiento realizado por Sullair

#### 5.1.7.2.- Planos de instalación de Compresor 5509 PS

Ver anexo I (Plano N° P4HR-10000-002)

## 5.2.- OPTIMIZACION DEL SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO DE LA PLANTA ACERIA

### 5.2.1.- Definición del Problema

Los problemas más relevantes en Planta de Acería referidas al Sistema de Aire Comprimido son:

- ✓ Perdidas de aire comprimido por uso de equipos poco eficientes.
- ✓ Continúas caídas de presión en el sistema de aire comprimido en la Planta.
- ✓ Deficiencia en el sistema de limpieza de los filtros de mangas por caída de presión
- ✓ Continúo trabajo de los compresores de la Planta de Acería.

Agrupando por afinidad los problemas listados, obtendríamos:

Cuadro 5.9: Cuadro de afinidad de los problemas

ITEM	DESCRIPCION DEL PROBLEMA	AGRUPAMIENTO POR AFINIDAD
1	Perdidas de aire comprimido por uso de equipos poco eficientes.	Perdidas de Aire comprimido en la Red
2	Continuas caídas de presión en el sistema de aire comprimido de dicha Planta	Falta de capacidad de los compresores para las demandas actuales
3	Deficiencia en el sistema de limpieza de los filtros de mangas por caída de presión	
4	Continuo trabajo de los compresores de la Planta de Acería	

Del cuadro 5.9, podemos determinar 2 grandes problemas presentes en el Sistema de Aire comprimido de dicha Planta, por lo que el problema elegido a resolver en el proyecto sería: Perdidas de Aire comprimido en la Red de Planta Acería.

## 5.2.2.- Recolección de Datos

### 5.2.2.1.- Pérdida de Aire Comprimido por los Secadores de Aire Regenerativos

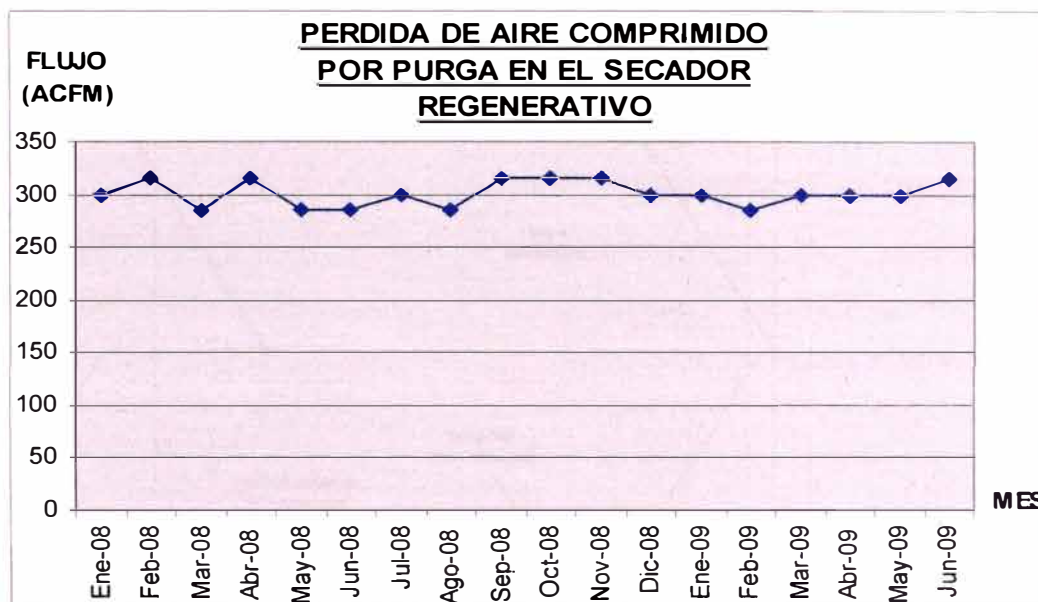


Gráfico 5.7: Pérdidas de aire comprimido en Secador Regenerativo

### 5.2.2.2.- Humedad Relativa en Sistema de Aire Comprimido en Planta Acería

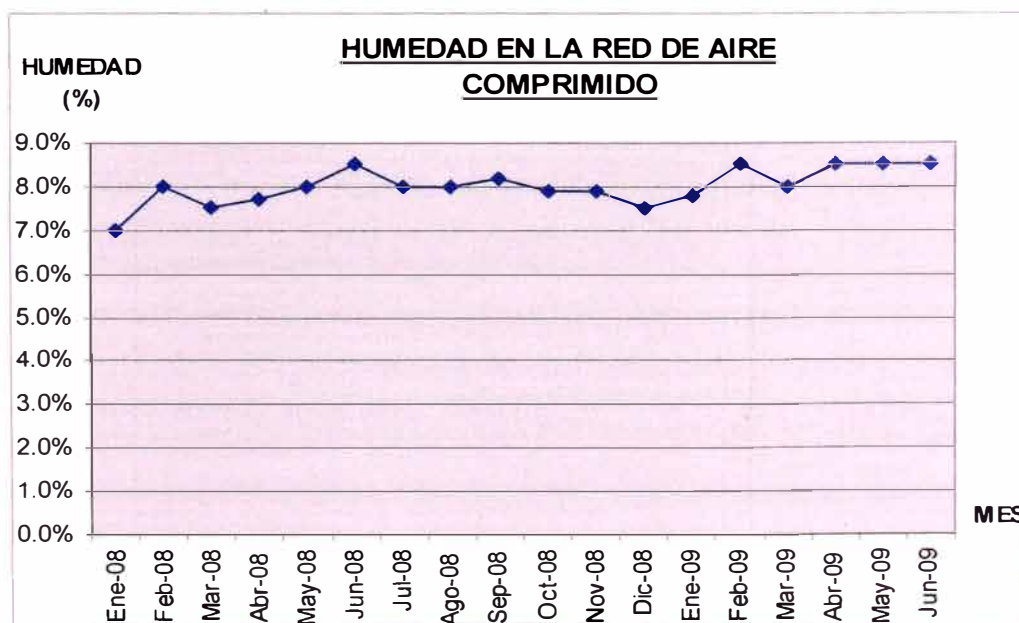


Gráfico 5.8: Humedad en la Red de aire comprimido – Planta Acería

### 5.2.3.- Evaluación de Posibles Causas

#### 5.2.3.1.- Análisis Causa – Efecto

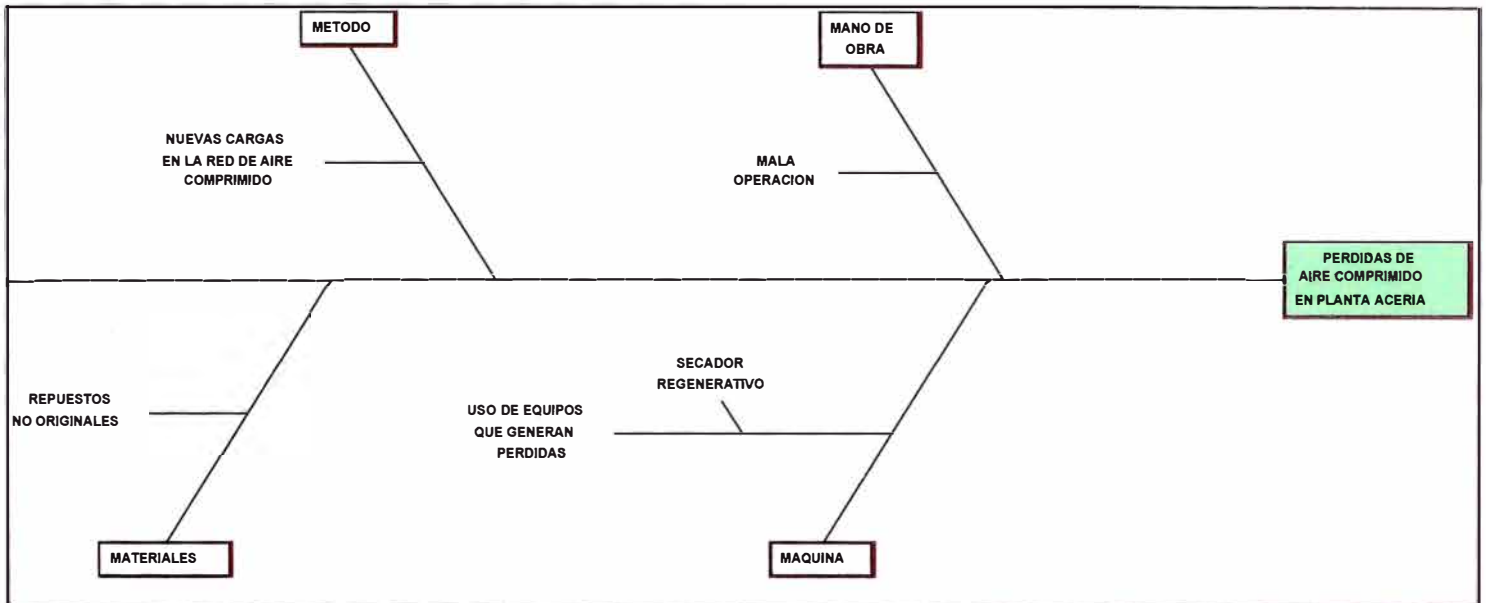


Figura 5.2: Diagrama causa – efecto referida a las pérdidas de aire comprimido en la Planta de Acería.



### 5.2.3.2.- Evaluación de la capacidad de las unidades compresoras de Planta

#### Acería

##### 5.2.3.2.1.- Requerimiento total de Aire Comprimido en la Planta Acería

El nivel de consumo máximo se genera al momento de carga, desescoreo en el Horno Eléctrico o al inicio de la hora punta (18:00 pm. – 22:00 pm.), en donde podemos cuantificar el consumo aprox. de aire comprimido en la planta:

Cuadro 5.10: Requerimiento total de aire comprimido Planta Acería

ITEM	DESCRIPCION	SUB TOTAL (Nm3/h)	OBSERVACION
1	<b>HORNOS ELECTRICOS</b>		
2	Tren de válvulas MORE Oxigeno 1	775	Incluye aire instrumental
3	Tren de válvulas MORE Gas 1	480	Incluye aire instrumental
4	Tren de válvulas MORE Oxigeno 2	810	Incluye aire instrumental
5	Tren de válvulas MORE Gas 2	330	Incluye aire instrumental
6	Bag house BHA	40	
7	Inyector de carbón 1	0	
8	Inyector de carbón 2	0	
9	Equipo magna	0	
10	Manifolds	100	Lanzas para desescoreo
11	<b>PLANTA DE HUMOS</b>		
12	Codo móvil FTA	400	
13	Quenching tower (lanza 1,2,3,4)	720	
14	Quenching tower (lanza 5,6)	360	
15	Bag house Danieli	1560	Consumo máximo
16	<b>COLADA CONTINUA</b>		
17	Nueva planta Co.Co.	635	
18	<b>OTROS</b>		
19	Planta laminación	210	Incluye toma de aire 1"
20	Planta hierro esponja	440	Considerando Bag House
21	Secador regenerativo	500	15% del ingreso de aire
		<b>7360</b>	Nm3/h
		<b>4332</b>	ACFM

### 5.2.3.2.2.- Determinación de la capacidad instalada en Planta Acería

La capacidad instalada en la planta lo podemos determinar según:

Cuadro 5.11: Capacidad instalada Sala Compresores Planta Acería

ITEM	COMPRESOR	CAPACIDAD TEORICA (ACFM)	PERDIDA EFICEINCIA (%)	CAPACIDAD REAL (ACFM)
1	Compresor 1 - TS 32 - 250 L	1100	85%	935
2	Compresor 2 - TS 32 - 250 L	1100	85%	935
3	Compresor 3 - TS 32 - 450 L	2350	92%	2162
				<b>4032</b> ACFM

Al comparar ambos resultados de los cuadros 10 y 11 podemos indicar que en los momentos de mayor consumo la capacidad instalada del sistema de aire comprimido en esta Planta, es menor al requerido. Este afirmación se respalda por la caída de presión en los compresores al inicio de hora punta, cuyos valores fueron (6:00 pm. del 21-05-09):

Cuadro 5.12: Caída de Presión en el Sistema de Aire Comprimido en Hora Punta

COMPRESOR	TIPO	PRESION NOMINAL (Bar)	PRESION MEDIDA* (Bar)
1	TS 32 - 250L	7.4	6.7
2	TS 32 - 250L	7.4	6.6
3	TS 32 - 450L	7.8	6.5

### 5.2.3.3.- Evaluación de la operación del secador regenerativo de aire comprimido en Planta Acería

El flujo de ingreso de aire comprimido al secador regenerativo, lo podemos determinar según el diagrama de flujo de aire comprimido generada por los compresores N°1 y N°2 de la Planta de Acería:

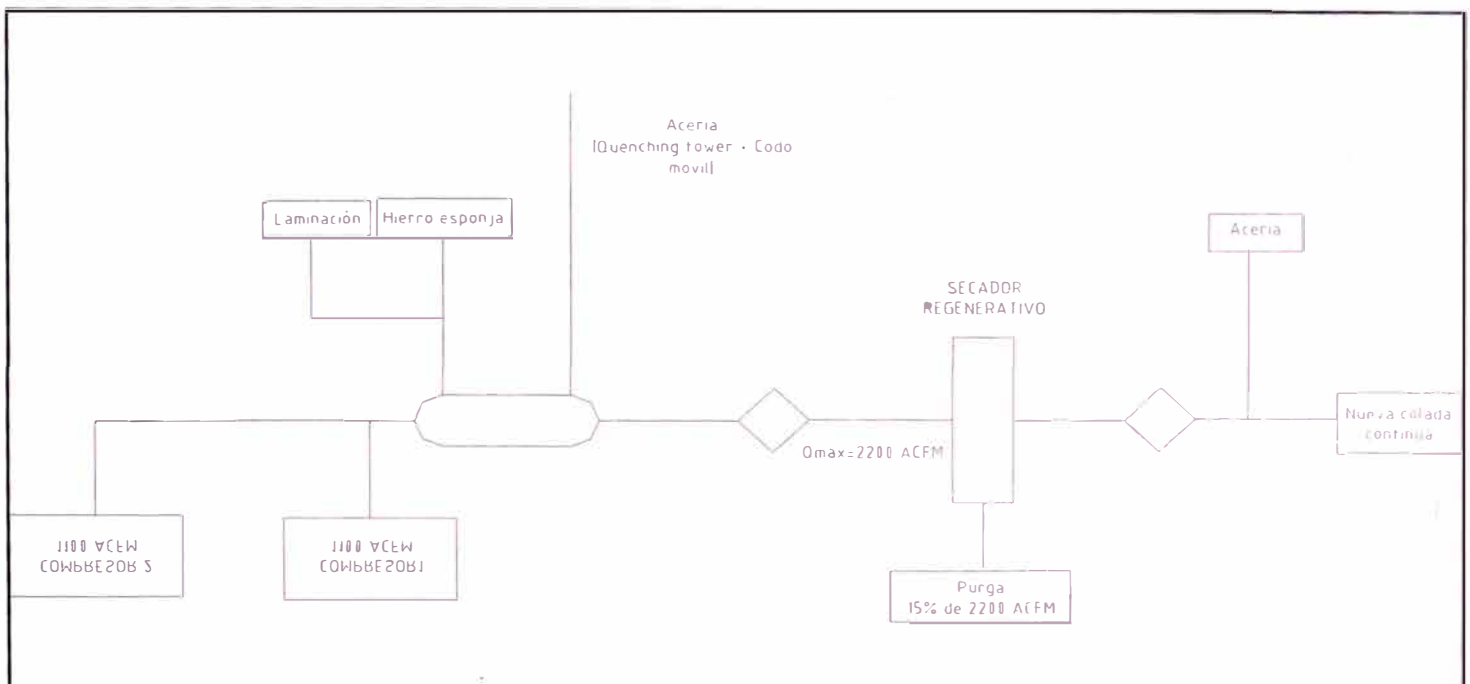


Figura 5.3: Distribución del aire comprimido Planta Acería

Del diagrama podemos indicar que el secador regenerativo está sub-dimensionado (Capacidad de 1200 ACFM, según placa técnica) y que se genera una pérdida de caudal por su purga, propia de su funcionamiento, de 280 ACFM.

Las consecuencias de tener un secador de este tipo sub – dimensionado serían:

- ✓ Contaminación del desecante con polución rápidamente.
- ✓ Frecuencias cortas de cambio de desecante.
- ✓ Paradas por mantenimiento y envío de mala calidad de aire al sistema.

#### **5.2.4.- Evaluación de Posibles Soluciones**

En esta sección evaluaremos una alternativa de solución al problema planteado inicialmente.

##### **5.2.4.1.- Cambio del tipo de Secador de aire comprimido**

La solución a este problema planteado sería de realizar el cambio del tipo de secador por uno más confiable y de capacidad superior al actual.

La capacidad del secador sería aquella que abastezca el flujo de aire de los compresores 1 y 2 más un porcentaje por el medio ambiente donde estamos (según recomendación de Sullair):

$$CAP = \text{Flujo aire} \times (1 + SD)$$

$$CAP = (2200) \times (1 + 25\%)$$

$$CAP = 2750 \text{ ACFM}$$

Por lo tanto, la recomendación sería:

Tipo: Secador compacto

Marca: SULLAIR

Modelo: SR – 3000

Además, debemos incluir un filtro:

Marca: SULLAIR

Modelo: DF 4200

Cuadro 5.13: Inversión para cambiar del tipo de Secador de Aire Comprimido

ITEM	COMPONENTE	COSTO (\$)
1	Secador SR-3000	18,707
2	Filtro DF 4200	2,070
3	Instalación eléctrica y civil	1,500
	<b>Inversión (\$):</b>	<b>22,277</b>

#### 5.2.4.2.- Recuperación de la inversión

La recuperación de la inversión lo podemos justificar con el ahorro de energía necesaria para generar el flujo de aire que se pierde al purga con el secador regenerativo actual:

Flujo x purga: 280 ACFM

Potencia necesaria: 55 Hp (41 Kw)

Costo energía = 0.03 US\$/Kw-hr

Energía eléctrica necesaria: 8,700 US\$/año

#### 5.2.4.3.- Determinación del Valor Actual Neto de la mejora

Analizaremos la alternativa planteada calculando su Valor Actual Neto.

Cuadro 5.14: Valor Actual Neto por cambio tipo secador

**DATOS GENERALES**

Costo secador de aire nuevo	22,277	US\$
Costo producción	1,500	US\$/año
Costo mantenimiento	700	US\$/año
Incremento mantto x año	200	US\$/ 3 años
Ahorro por reducción de perdidas	8,700	US\$/año
Vida util	10	años
Valor residual	0	US\$
Tasa de referencia	10%	

**VALOR ACTUAL NETO - VAN**

Descripción de egreso	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Inversión	(22,277)										
Costo por Producción		(1,500)	(1,500)	(1,500)	(1,500)	(1,500)	(1,500)	(1,500)	(1,500)	(1,500)	(1,500)
Costo por Mantenimiento		(700)	(700)	(700)	(900)	(900)	(900)	(1,100)	(1,100)	(1,100)	(1,300)
Ahorro por reducción de perdidas		8,700	8,700	8,700	8,700	8,700	8,700	8,700	8,700	8,700	8,700
		6,500	6,500	6,500	6,300	6,300	6,300	6,100	6,100	6,100	5,900

VAN:	\$16,496
------	----------

El resultado del análisis económico resulta un VAN de US\$ 16,496 para un horizonte de 10 años a una tasa de referencia del 10% anual, por lo que la alternativa es económicamente viable.

#### **5.2.5.- Aplicación de las Mejoras**

El cronograma de trabajo para la implementación de la mejora elegida la podemos detallar en el Gant de Actividades del Anexo II (Cronograma N°2: Instalación de secador de aire SR 3000).

### 5.2.6.- Evaluación de Resultados

Los resultados que podemos proyectar son:

#### 5.2.6.1.- Pérdida de Aire Comprimido por los Secadores de Aire Regenerativos



Gráfico 5.9: Resultados de la Pérdida de flujo en el Secador de aire

#### 5.2.6.2.- Humedad Relativa en el Sistema de Aire Comprimido Planta de Acería

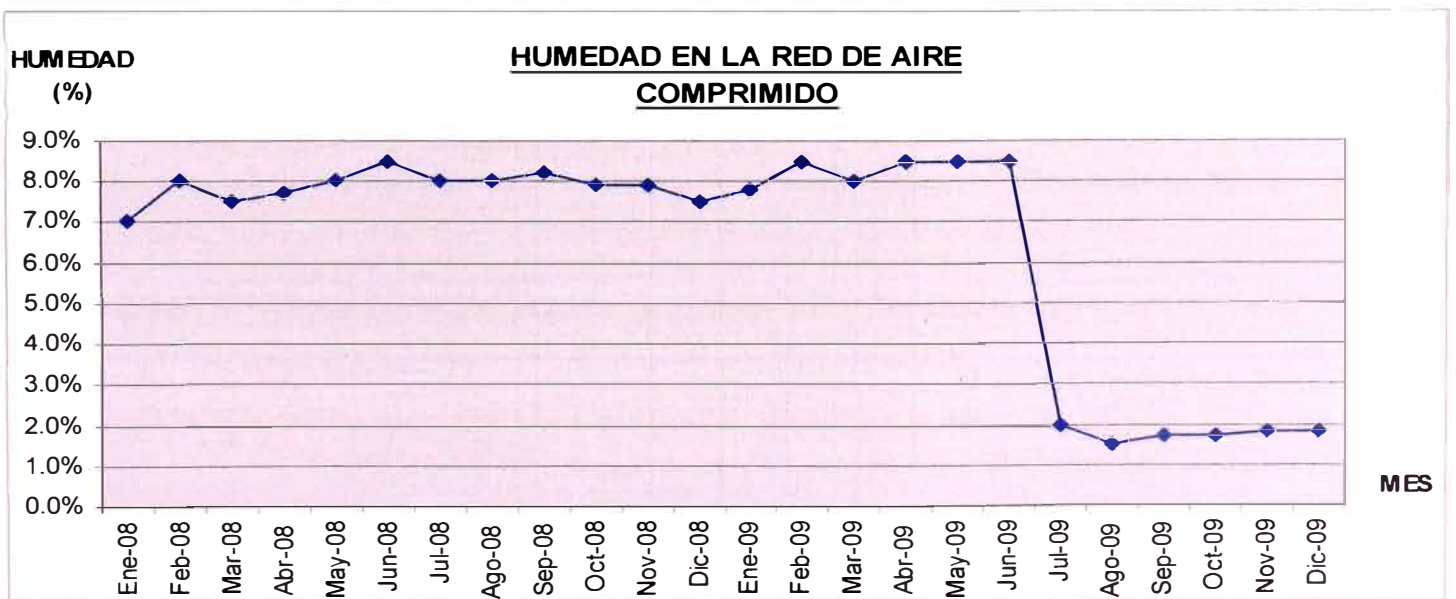


Gráfico 5.10: Resultados en la Humedad de la Red de Aire Comprimido



### 5.2.7.- Estandarización

#### 5.2.7.1.- Plan de Mantenimiento Preventivo del Secador SR 3000

Cuadro 5.15: Cartilla Mantenimiento preventivo Secador SR 3000

DESCRIPCION DE ACTIVIDADES	100 horas	1000 horas	8000 horas (*)
<b>TAREAS MECANICAS</b>			
Limpieza de filtros de aire		X	
Cambio de filtros de aire			X
Verificar la existencia de sonidos irregulares	X		
Verificar presencia de fugas de aire	X		
Verificar el estado del compresor de refrigerante			X
Verificar presencia de fugas de refrigerante	X	X	X
Limpieza del evaporador y condensador		X	X
<b>TAREAS ELECTRICAS</b>			
Toma de medidas de amperaje y voltaje	X		
Limpieza exterior del motor	X		
Verificar aislamiento del motor			X
Verificar el estado de los contactores, reles y llaves térmicas			X
Verificar la existencia de falsos contactos en las borneras		X	X
Limpieza del tablero eléctrico	X		

(\*) Mantenimiento realizado por Sullair

## CONCLUSIONES

- ✓ La instalación de la nueva compresora de aire 5509 PS en la Planta de Reducción Directa generó una reducción en los costos de mantenimiento de las compresoras en un 40% respecto al año anterior de la instalación de la nueva unidad.
- ✓ La reducción del periodo de operación diaria de la nueva compresora redujo el consumo de energía eléctrica de la Sala de Compresores en un 33%.
- ✓ La inclusión de una nueva compresora generó un incremento en la producción de Carbón Bituminoso de 25 t/anuales.
- ✓ La inversión por la adquisición de un nuevo secador de aire SR3000 en la Planta Acería se recupera en aproximadamente 3 años. El uso del secador de aire tipo compacto incrementara en un 6% la cantidad de aire comprimido a la Planta de Acería.

## RECOMENDACIONES

Recomendaciones a considerar en el Sistema de Aire Comprimido de Planta

Acería:

- ✓ Instalar tanques acumuladores de aire en las zonas de mayor consumo (Ver Plano N° P1AC-10000-02):
  - Tren de válvulas MORE (Capacidad 1600 Gal ó 6 m<sup>3</sup>)
  - Tren de válvulas de Quenching Tower (Capacidad 1060 Gal ó 4 m<sup>3</sup>)
  - Compartimientos de la casa de bolsas (Dos de capacidad 660 Gal ó 2.5 m<sup>3</sup>)
  
- ✓ Incrementar la frecuencia de limpieza de los filtros de mangas y reducir el tiempo de inyección en los momentos de mayor consumo: Hora punta, carga de chatarra, sangrado y desescoreo. Con esto podremos reducir la carga de aire a la planta de humos.
  - Tiempo antes de primer disparo: 5 seg.
  - Tiempo entre 2 disparos: 5 seg.
  - Tiempo entre 2 compartimientos: 7 seg

- ✓ Eliminar la toma de aire de 1" que llega al horno de recalentamiento 80 t/h en la Planta laminación destinada para la limpieza de canaleta ubicada cerca de las cajas laminadoras 1 y 2. Esta toma debería ser parte de la red de aire comprimido de dicha planta.
  
- ✓ Reubicar tuberías de alimentación al tren de válvulas de gas natural en el nivel 7. Debería estar ubicada sus tomas después del filtro o en caso se instale un tanque acumulador, a la salida de este último (Ver Plano N° P1AC-10000-02).
  
- ✓ Restringir el abastecimiento de aire comprimido húmedo desde el compresor # 03. Para ello, cerrar la válvula de interconexión con el sistema de aire comprimido de los compresores 1 y 2 (Ver Plano N° P1AC-10000-02).
  
- ✓ Evaluar la eliminación del abastecimiento de aire comprimido a las plantas de hierro esponja y laminación (ahorro de 650 Nm<sup>3</sup>/h).
  
- ✓ Reubicar y acondicionar el compresor ES 6 en nivel cero, para evitar la excesiva polución. Además, instalar filtros de paneles y de bolsa en la succión del ambiente cerrado.
  
- ✓ Acondicionar las salas de compresores 1,2,3 con un sistema de ventilación filtrado. Además, instalar ductos para extracción del aire caliente del compresor y del secador (Ver Plano N° P1AC-10000-03).

- ✓ Realizar un monitoreo de la caída de presión en las compresoras 1,2,3 para determinar con exactitud el nivel de consumo del sistema y evaluar la simultaneidad de las cargas.

## BIBLIOGRAFIA

[1] BHA, Manual de instalación, operación y mantenimiento de colectores de polvo tipo Pulse Jet, Versión 2.4.

[2] SANGHAVI ENGINEERING, Operation & Maintenance manual.

[3] DANIELI Centro Combustión, Operation & Maintenance manual del Horno Recalentamiento 80 T/h, Ref. CP00EGD1.

[4] SULLAIR, Manual de operación y mantenimiento de compresor TS 32S.

[5] SULLAIR, Conversión unidades de aire comprimido.

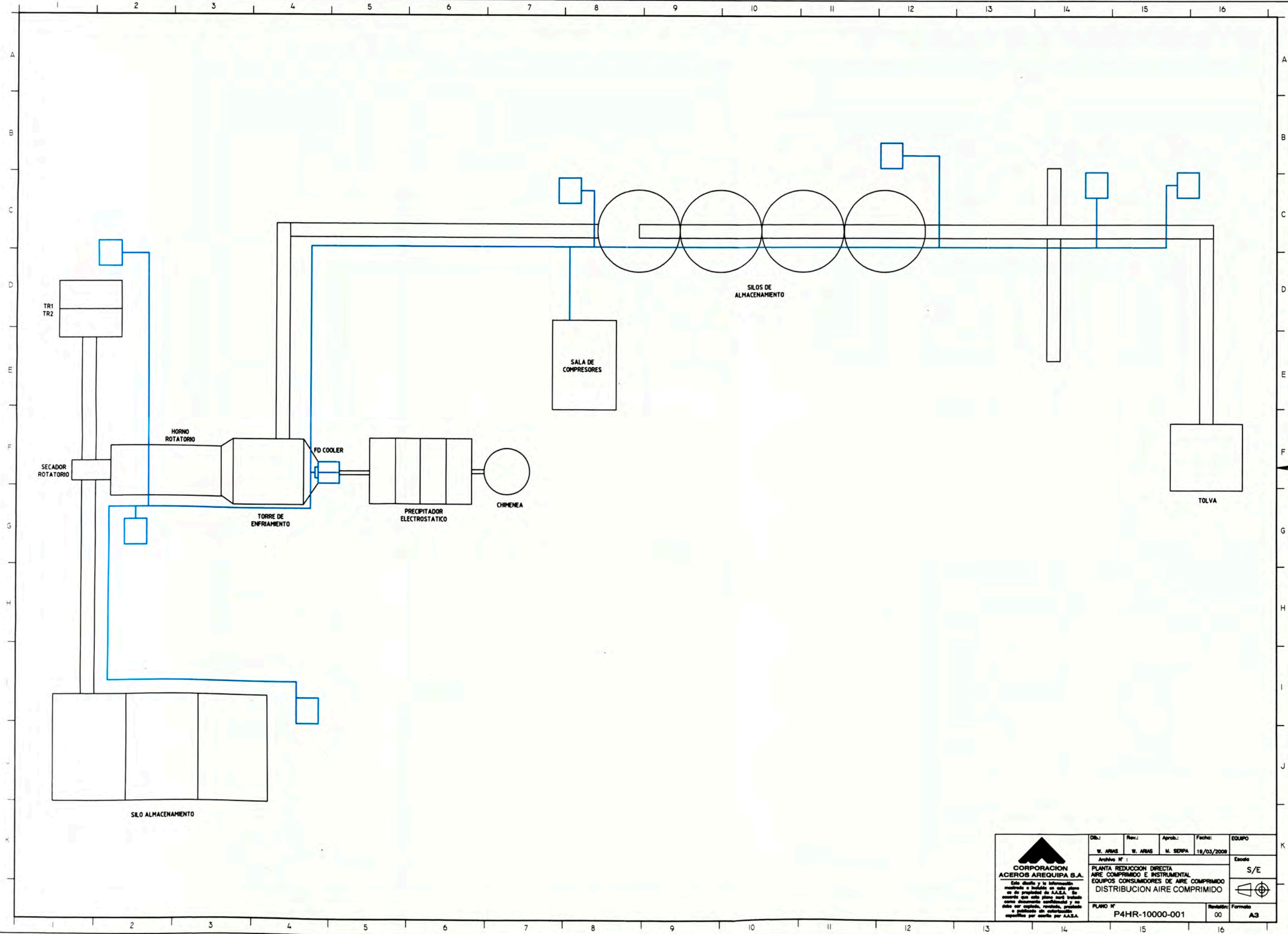
[6] Bruno Vignolo R., Introducción a la metodología de solución de problemas, Edición Mayo 2007.

[7] MAXIMO, Software Gestión Mantenimiento, Versión 5.2.

[8] Sergio Bravo Orellana, La vida útil de un Activo y Política de reemplazo de Activos, Edición Junio de 2001.

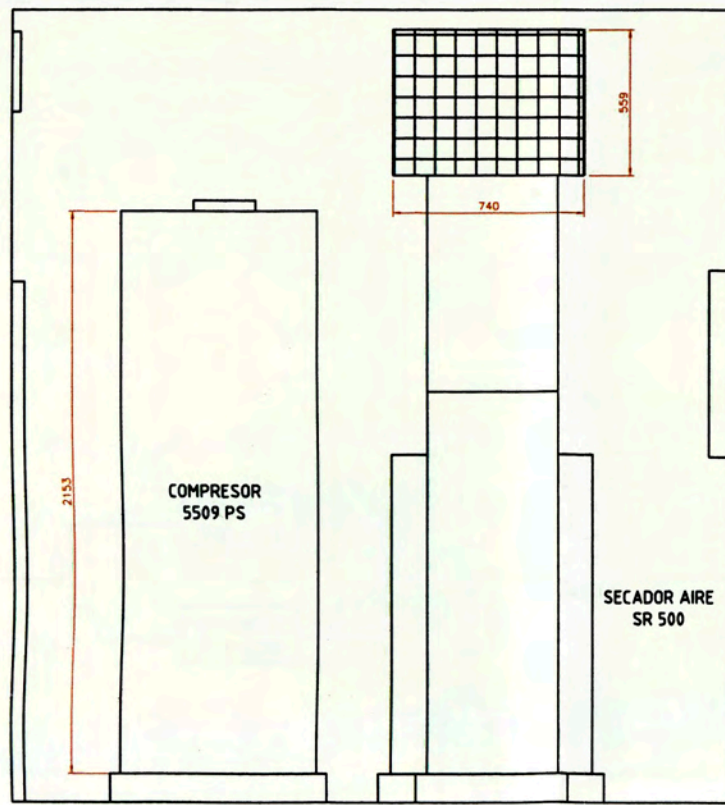
**ANEXO I:****PLANOS**

<b>N° PLANO</b>	<b>DESCRIPCION</b>
P4HR-10000-001	Distribución Aire Comprimido en Planta Reducción Directa
P4HR-10000-002	Instalación de Compresor de aire 5509 PS
P1AC-10000-001	Distribución General del Aire Comprimido en Planta Acería
P1AC-10000-002	Mejoras a implementar en Planta Acería
P1AC-10000-003	Mejoras en la Sala del Compresor N° 03 de Planta Acería

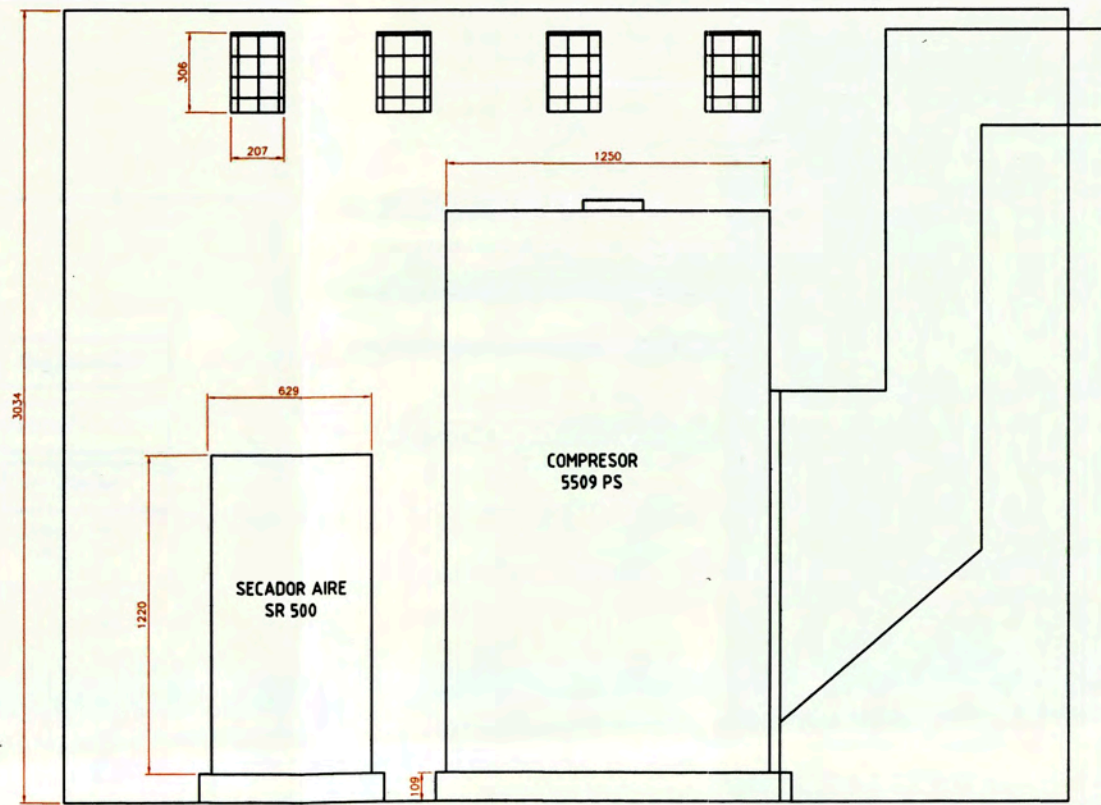


 <p><b>CORPORACION ACEROS AREQUIPA S.A.</b></p> <p><small>Este diseño y la información mostrada e incluida en este plano es de propiedad de A.A.S.A. Se acuerda que este plano será tratado como documento confidencial y no debe ser copiado, revisado, prestado o publicado sin autorización especial por escrito por A.A.S.A.</small></p>	Dib.:	Rev.:	Aprob.:	Fecha:	EQUIPO	
	W. ARBAS	W. ARBAS	M. SERPA	19/03/2008	Escafo	
	Archivo N°: <b>PLANTA REDUCCION DIRECTA          AIRE COMPRIMIDO E INSTRUMENTAL          EQUIPOS CONSUMIDORES DE AIRE COMPRIMIDO          DISTRIBUCION AIRE COMPRIMIDO</b>					S/E
	PLANO N° <b>P4HR-10000-001</b>					Revisión: 00 Formato: A3

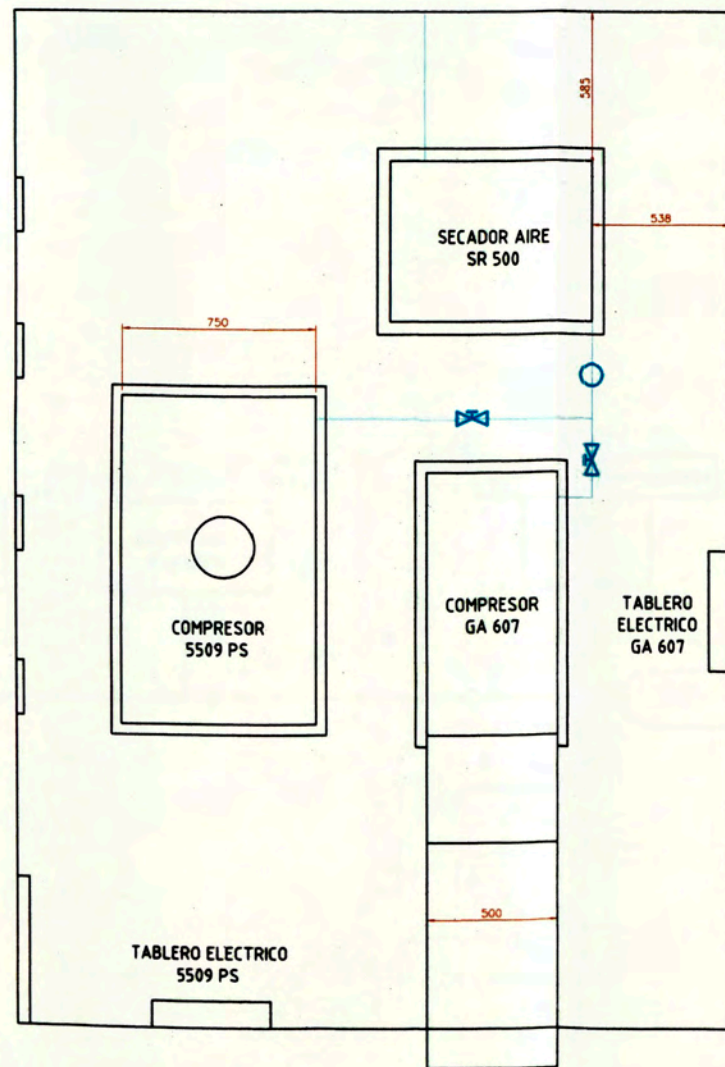




VISTA FRONTAL

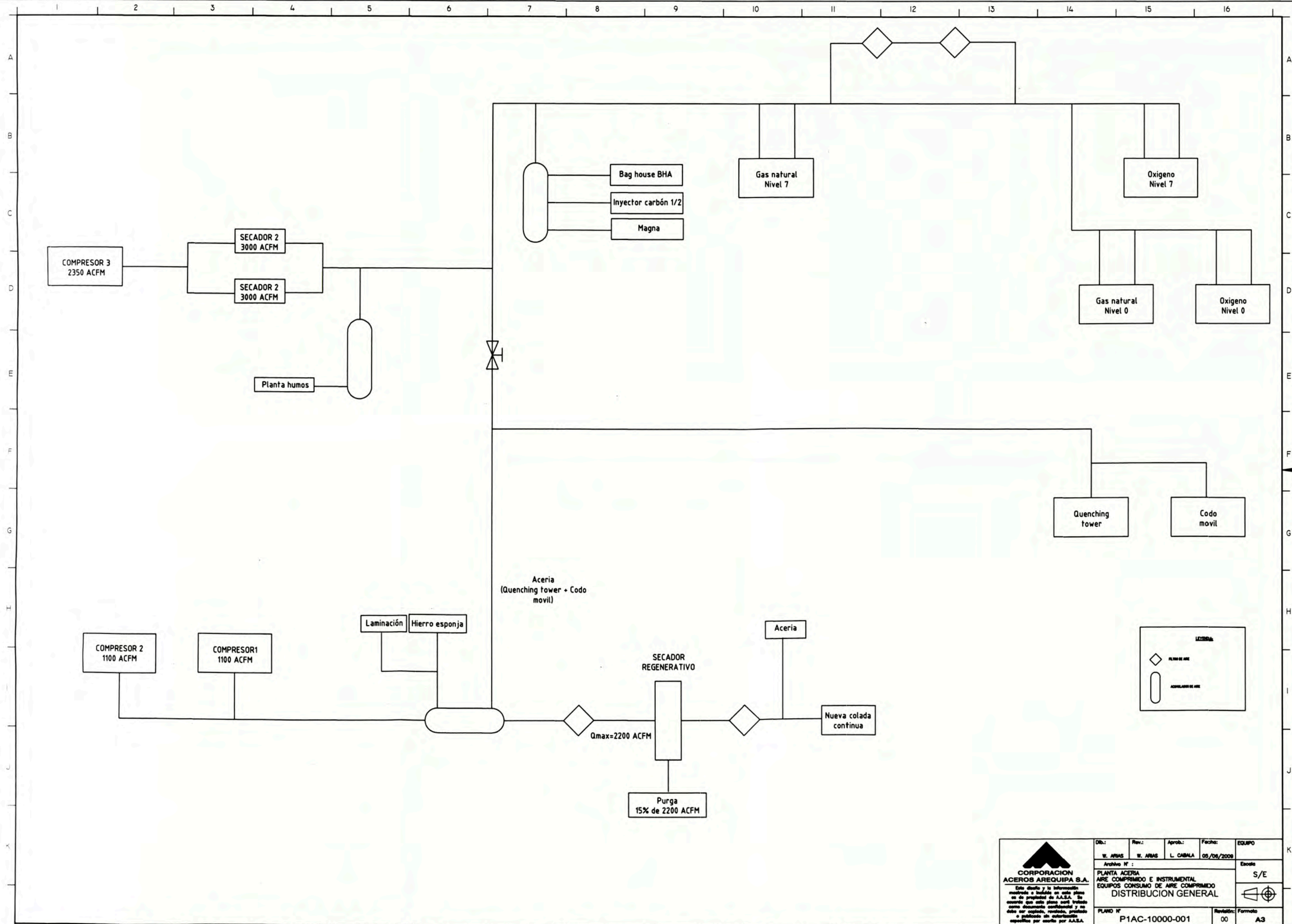


VISTA LATERAL

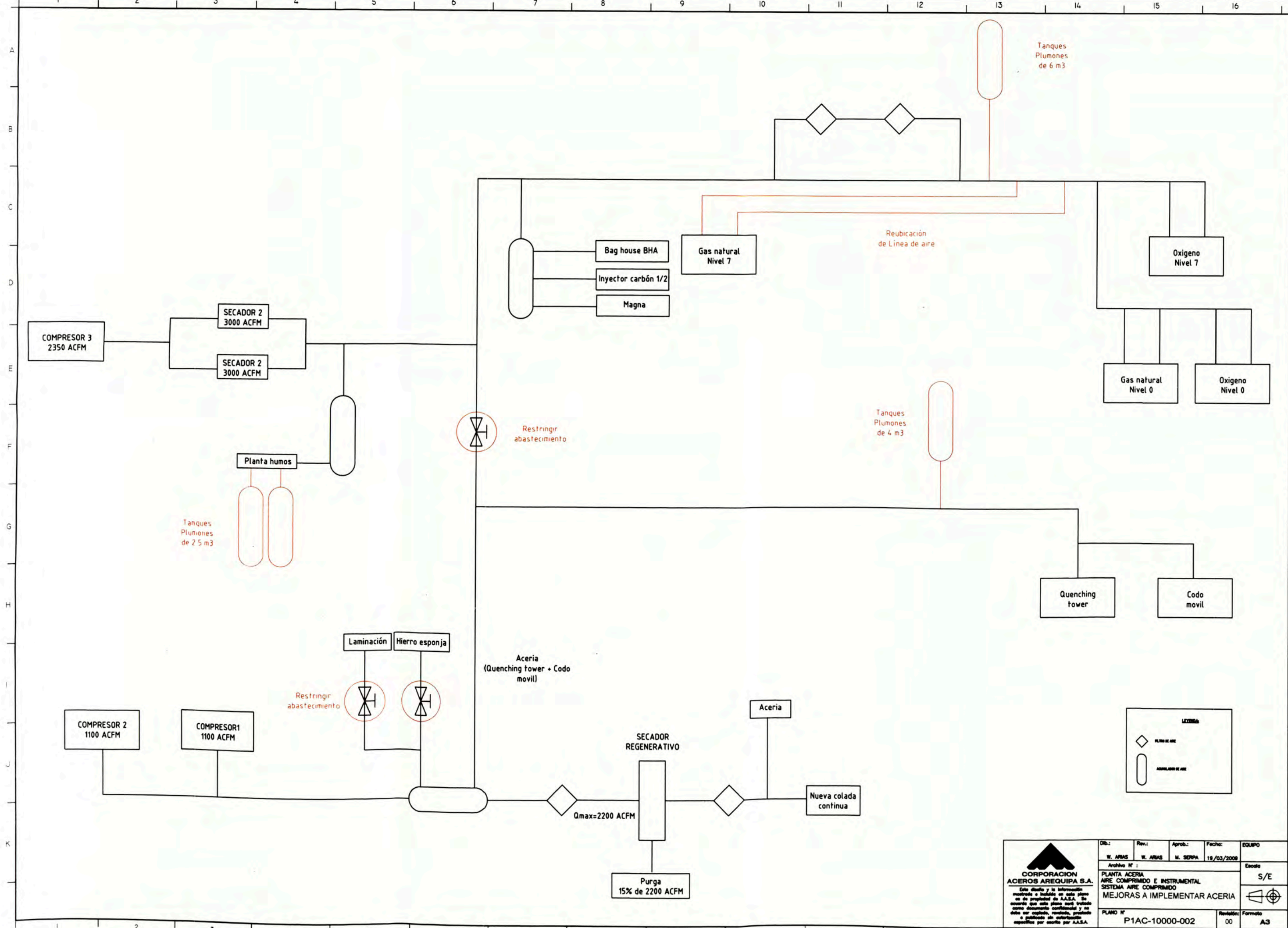


VISTA PLANTA

<p>Este diseño y la información contenida o incluida en este plano es de propiedad de A.A.S.A. Se garantiza que este plano será utilizado como documento confidencial y no debe ser copiado, reproducido, prestado o publicado sin autorización expreso por escrito por A.A.S.A.</p>	Dib.: W. ARBAS	Rev.: W. ARBAS	Aprob.: M. SERVA	Fecha: 18/03/2008	EQUIPO
	Archivo N° :				Escala 1:50
	PLANTA REDUCCION DIRECTA AIRE COMPRIMIDO E INSTRUMENTAL SALA DE COMPRESORES INSTALACION COMPRESOR 55009 PS				
PLANO N° P4HR-10000-002	Revisión: 00	Formato A3			



<p><b>CORPORACION ACEROS AREQUIPA S.A.</b> Este diseño y la información contenida en este plano es de propiedad de A.A.S.A. Se reserva que este plano será tratado como documento confidencial y no debe ser copiado, reutilizado, prestado o publicado sin autorización específica por escrito por A.A.S.A.</p>	Dib.: W. ARIAS	Rev.: W. ARIAS	Aprób.: L. CABALA	Fecha: 05/08/2008	EQUIPO Escala S/E	
	Archivo N° : <b>PLANTA ACERIA AIRE COMPRIMIDO E INSTRUMENTAL EQUIPOS CONSUMO DE AIRE COMPRIMIDO DISTRIBUCION GENERAL</b>					
	PLANO N° P1AC-10000-001					Revisión: 00
	PLANTA ACERIA					



<p><b>CORPORACION ACEROS AREQUIPA S.A.</b>  <small>Este diseño y la información mostrada e incluida en este plano es de propiedad de A.A.S.A. Se advierte que este plano será tratado como documento confidencial y no debe ser copiado, reutilizado, prestado o publicado sin autorización expresas por escrito por A.A.S.A.</small></p>	Dib.: W. ARBAS	Rev.: W. ARBAS	Aprob.: M. SEPPA	Fecha: 18/03/2008	EQUIPO
	Archivo N° :				Escala
	PLANTA ACERIA AIRE COMPRIMIDO E INSTRUMENTAL SISTEMA AIRE COMPRIMIDO MEJORAS A IMPLEMENTAR ACERIA				
	PLANO N° P1AC-10000-002				Revisión: 00

A

B

C

D

E

F

A

B

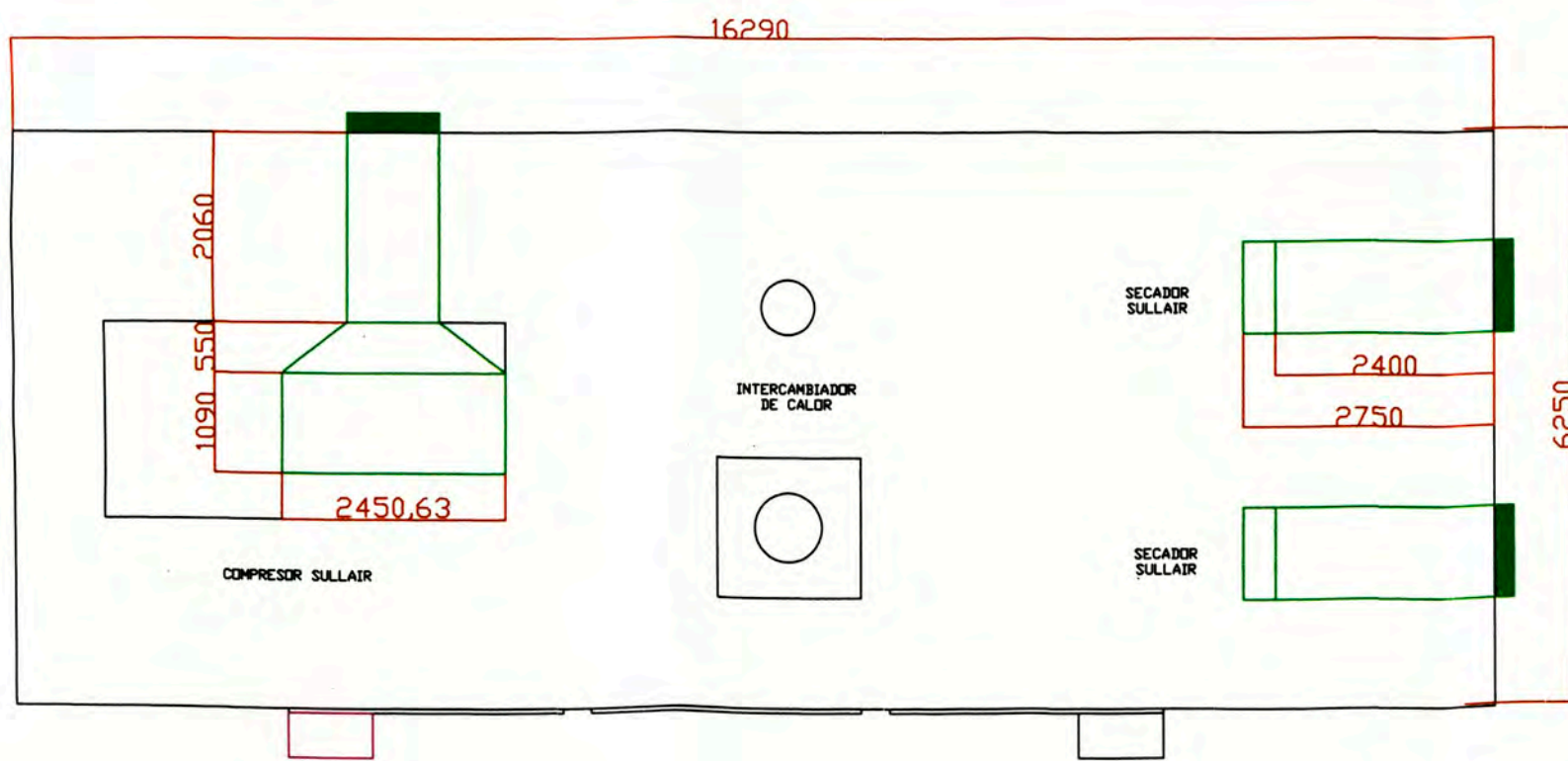
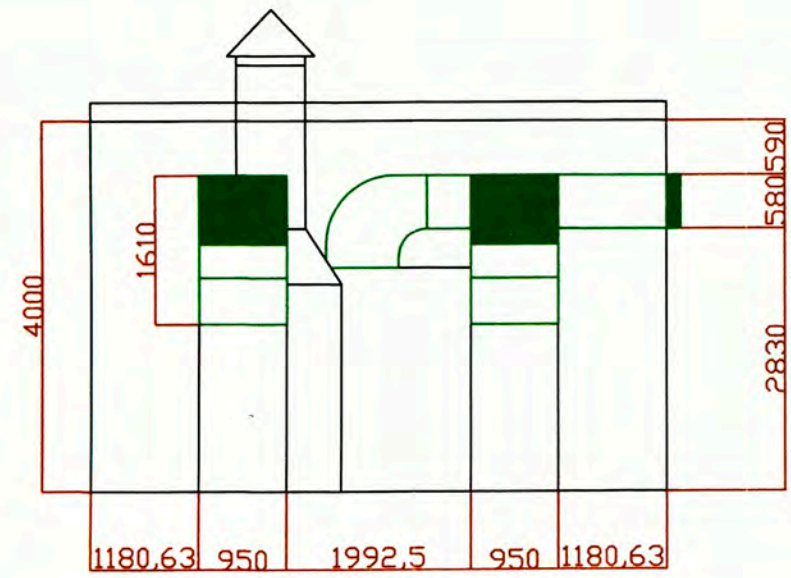
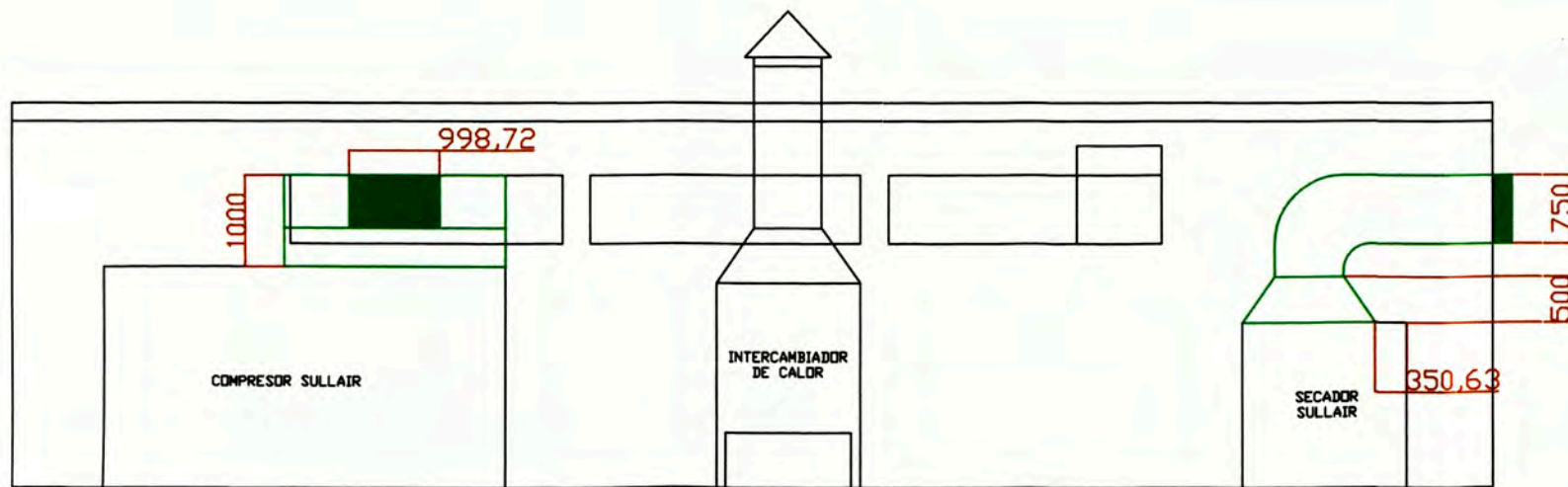
C

D


E

F

1 2 3 4 5 6 7 8



INSTALAR VENTILADOR

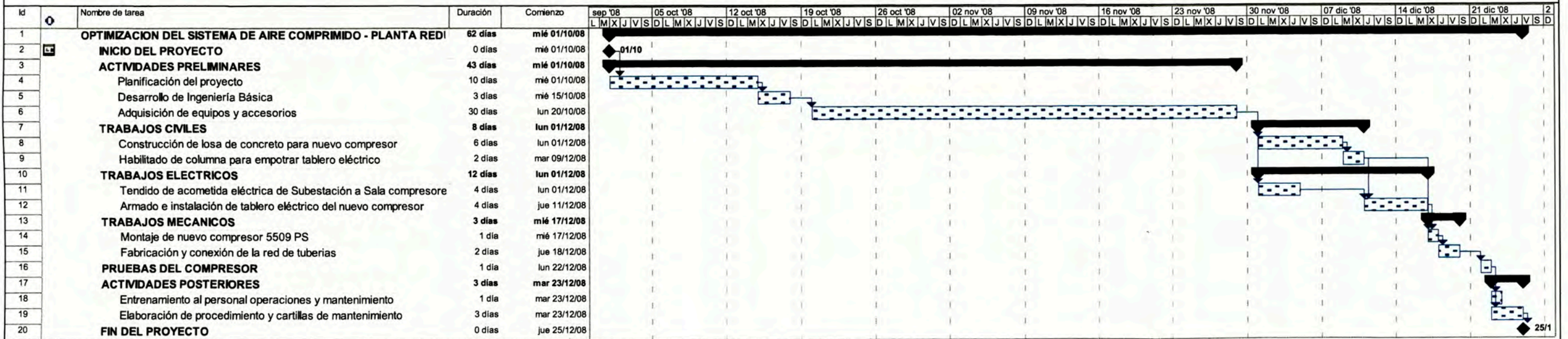
 <p><b>CORPORACION ACEROS AREQUIPA S.A.</b></p> <p>Este diseño y la información mostrada e incluida en este plano es de propiedad de A.A.S.A. Se acuerda que este plano será tratado como documento confidencial y no debe ser copiado, revelado, prestado o publicado sin autorización específica por escrito por A.A.S.A.</p>	Dib.:	Rev.:	Aprob.:	Fecha:	Hoja
	W.ARIAS	W. ARIAS	L. CABALA	5/06/2009	1:1
	ARCHIVO N°				Escala
	PLANTA ACERIA AIRE COMPRIMIDO E INSTRUMENTAL SALA DE COMPRESOR N° 03 <b>MEJORAS A IMPLEMENTAR</b>				1:60
PLANO N°	Revisión:			Formato	
<b>P1AC-10000-03</b>	00			<b>A3</b>	

1 2 3 4 5 6 7 8

**ANEXO II:**  
**CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES**

<b>N°</b>	<b>DESCRIPCION</b>
1	Instalación de compresor 5509 PS
2	Instalación de secador SR 3000

**CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES**  
**OPTIMIZAR EL SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO EN LA PLANTA DE REDUCCION DIRECTA**



Proyecto: Project1  
 Fecha: jue 30/12/10

Tarea		Progreso		Resumen		Tareas externas		Fecha límite	
División		Hito		Resumen del proyecto		Hito externo			

**CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES**  
**OPTIMIZAR EL SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO EN LA PLANTA DE ACERIA**

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	ar '09	05 abr '09	12 abr '09	19 abr '09	26 abr '09	03 may '09	10 may '09	17 may '09	24 may '09	31 may '09	07 jun '09	14 jun '09	21 jun '09	28 jun '09																																																																																											
					M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L
1	OPTIMIZACION DEL SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO - PLANTA ACERIA	62 días	Jue 02/04/09	vie 26/06/09																																																																																																									
2	INICIO DEL PROYECTO	0 días	Jue 02/04/09	Jue 02/04/09																																																																																																									
3	ACTIVIDADES PRELIMINARES	43 días	Jue 02/04/09	lun 01/06/09																																																																																																									
4	Planificación del proyecto	10 días	Jue 02/04/09	mié 15/04/09																																																																																																									
5	Desarrollo de Ingeniería Básica	3 días	Jue 16/04/09	lun 20/04/09																																																																																																									
6	Adquisición de equipos y accesorios	30 días	mar 21/04/09	lun 01/06/09																																																																																																									
7	DESMONTAJE DE SECADOR REGENERATIVO ACTUAL	3 días	mar 02/06/09	Jue 04/06/09																																																																																																									
8	Desinstalación eléctrica	1 día	mar 02/06/09	mar 02/06/09																																																																																																									
9	Desconexión y desmontaje de secador	2 días	mié 03/06/09	Jue 04/06/09																																																																																																									
10	INSTALACION DE NUEVO SECADOR DE AIRE COMPRIMIDO	13 días	vie 05/06/09	mar 23/06/09																																																																																																									
11	TRABAJOS CIVILES	6 días	vie 05/06/09	vie 12/06/09																																																																																																									
12	Retiro de base de concreto del secador regenerativo	3 días	vie 05/06/09	mar 09/06/09																																																																																																									
13	Construcción de losa de concreto para nuevo secador	3 días	mié 10/06/09	vie 12/06/09																																																																																																									
14	TRABAJOS ELECTRICOS	3 días	lun 15/06/09	mié 17/06/09																																																																																																									
15	Tendido de nueva acometida eléctrica	3 días	lun 15/06/09	mié 17/06/09																																																																																																									
16	TRABAJOS MECANICOS	3 días	Jue 18/06/09	lun 22/06/09																																																																																																									
17	Montaje de nuevo secador SR 3000	1 día	Jue 18/06/09	Jue 18/06/09																																																																																																									
18	Fabricación y conexión de la red de tuberías	2 días	vie 19/06/09	lun 22/06/09																																																																																																									
19	PRUEBAS DEL SECADOR DE AIRE	1 día	mar 23/06/09	mar 23/06/09																																																																																																									
20	ACTIVIDADES POSTERIORES	3 días	mié 24/06/09	vie 26/06/09																																																																																																									
21	Entrenamiento al personal operaciones y mantenimiento	1 día	mié 24/06/09	mié 24/06/09																																																																																																									
22	Elaboración de procedimiento y cartillas de mantenimiento	3 días	mié 24/06/09	vie 26/06/09																																																																																																									
23	FIN DEL PROYECTO	0 días	vie 26/06/09	vie 26/06/09																																																																																																									

Proyecto: Proyect1  
Fecha: jue 30/12/10

Tarea Progreso Resumen Tareas externas Fecha límite   
 División Hit Resumen del proyecto Hit externo