

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA
SARET METALMECÁNICA**



**PROYECTO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR POR EL GRADO DE
BACHILLERATO**

**PROYECTO ADMINISTRATIVO
PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

**PROYECTO TÉCNICO
ANÁLISIS DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN**

REALIZADO POR:
OSCAR MARIO ARCE SÁNCHEZ

PROFESOR GUÍA:
ING. MANUEL MATA COTO, Msc.

ASESOR INDUSTRIAL:
ING. DANNY CHAVES SOTO

2003

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco infinitamente a Dios mi señor, quien me ha guiado durante todo este largo camino brindándome su amor, fuerza y sabiduría.

A mi madre la persona más importante en mi vida a quién le debo todo lo que soy y tengo, ya que con su amor y sacrificio ha logrado que mis metas se cumplan, no hay palabras con las que pueda expresarle mi mas infinito agradecimiento solo decirle que la amo con toda mi alma.

A mi segunda mamá, mi abuelita, que hoy en día no esta con nosotros ya que Dios la tiene a su lado, ella que de igual manera se sacrifico por cuidarme y hacer de mi una buena persona. Por eso dedico este trabajo en su honor y memoria, gracias mami.

A mi hermano quien siempre me ha apoyado ya que muchas cosas no hubieran podido ser si su ayuda, hoy te doy las gracias César y a Dios por que no pudo darme un mejor hermano en esta vida.

A toda mi familia que de una u otra manera me ayudan y apoyan incondicionalmente a pesar de todos mis tropiezos , gracias.

A mis amigos a todos ellos por que me han hecho siempre la vida más fácil y alegre, sin gente como ustedes no se puede vivir.

A mis compañeros de casa y a sus familias que han estado conmigo desde mi inicio, especialmente a la familia Chang Fonseca a quienes aprecio con todo el corazón.

A la empresa Saret Metalmecánica y a las personas que allí laboran, por permitirme ser parte de ellos y ayudar en mi formación profesional. Especialmente al Ing. Danny Chaves Soto por ser no solo mi jefe sino también un buen amigo.

Y por último agradezco al Ing. Manuel Mata, quien fue mi profesor guía y que me ayudo a salir siempre adelante con mi trabajo.

RESUMEN DEL PROYECTO ADMINISTRATIVO

El proyecto administrativo propone un programa de mantenimiento preventivo y la creación de los principales documentos del departamento de mantenimiento en base a las especificaciones de ISO 9000 versión dos mil. Para su realización se sigue una serie de pasos fundamentados en el análisis de la situación actual, en la recolección de datos y por medio de acciones referidas hacia implementación de la norma ISO 9000 dentro de la empresa.

Se tiene como objetivos: realizar los registros necesarios para darle seguimiento a todas las labores de mantenimiento que se presenten o desarrollen durante diferentes periodos de tiempo, por otra parte se pretende también fomentar una actitud preventiva en el personal de la planta y controlar las labores realizadas a la infraestructura por medio de las ordenes de trabajo. Con lo que se asegure el éxito en el programa de mantenimiento preventivo.

Palabras claves: Programa de Mantenimiento Preventivo, Mantenimiento Preventivo, ISO, Administración del Mantenimiento.

ABSTRACT OF THE ADMINISTRATIVE PROJECT

The administrative project proposes a program of preventive maintenance and the creation of the main documents of the maintenance department based on the specifications of ISO 9000 version two thousand. For their realization a series of steps is continued based in the analysis of the current situation, in the gathering of data and by means of accessory referred toward implementation of the norm ISO 9000 inside the company.

The objectives are: to carry out the necessary registrations to give pursuit to all the maintenance works that are presented or develop during different periods of time, on the other hand it is also sought to foment a preventive attitude in the personnel of the plant and to control the works carried out to the infrastructure by means of you order them of work. With what makes sure the success in the program of preventive maintenance.

Key words: Program of Preventive Maintenance, Preventive Maintenance, ISO, Administration of the Maintenance.

RESUMEN DEL PROYECTO TÉCNICO

El proyecto técnico consiste en un análisis del sistema de extracción de polvo generado dentro de una cámara de limpieza por medio del proceso conocido como "Sandblasting", dado que la extracción se realiza en forma ineficiente.

Se dan las recomendaciones respectivas que ayuden a mejorar el sistema actual, por otra parte se diseña un separador centrífugo del tipo ciclónico, que ayude recuperar las partículas de la arena utilizada en el proceso y mejore la calidad del aire expulsado al medio ambiente.

Para la realización del proyecto se utilizaron las especificaciones encontradas en diferentes literaturas de ventilación y para el cálculo del separador se utilizaron los libros de "Ingeniería de Control de la Contaminación" y "Manual del Ingeniero Químico", de Noel de Nevers y Perry respectivamente. Estos proponen una serie de cálculos para determinar la dimensiones del separador basado en el diámetro interno y en las características de las partículas para estimar la eficiencia de recolección de los sólidos .

Palabras clave: Ventilación, Extracción, Diseño del Ciclón

ABSTRACT OF THE TECHNICAL PROJECT

The technical project consists on an analysis of the system of powder extraction generated inside a camera of cleaning by means of the well-known process as " Sandblasting ", since the extraction is carried out in inefficient form.

The respective recommendations are given that help to improve the current system, on the other hand a separator is designed a centrifuge of the cyclonal type that it helps recover the particles of the sand used in the process and improve the quality of the air expelled to the environment.

For the realization of the project the specifications were found in different ventilation literatures and for the calculation of the separator the books of Engineering of Control of the Contamination and Manual of the Chemical Engineer were used", of Noel of Nevers and Perry respectively. These propose a series of calculations to determine the dimensions of the separator based on the internal diameter and in the characteristics of the particles to estimate the efficiency of gathering of the solids.

Key Words: Ventilation, Extraction, and Design of the Cyclone.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	I
RESUMEN DEL PROYECTO ADMINISTRATIVO	III
ABSTRACT OF THE ADMINISTRATIVE PROJECT.....	IV
ABSTRACT OF THE ADMINISTRATIVE PROJECT.....	IV
RESUMEN DEL PROYECTO TÉCNICO	V
ABSTRACT OF THE TECHNICAL PROJECT.....	VI
INDICES FIGURAS	XII
ÍNDICE DE TABLAS	XIII
NOMENCLATURA	XIV
I. INTRODUCCIÓN.....	1
A. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	1
1.1 Misión	1
1.2 Visión	1
1.3. Generalidades de la Empresa.....	2
1.4 Ubicación Geográfica	4
1.5 Números de Empleados.....	4
1.6. Organización de la Empresa.....	4
B. JUSTIFICACIÓN DE LOS PROYECTOS	6
1.7. Proyecto Administrativo	6
1.8. Proyecto de Diseño	7
C. OBJETIVOS	8
1.9. Objetivo General del Proyecto Administrativo	8
1.9.1. Objetivos Específicos	8
1.10. Objetivo General del Proyecto de Diseño.....	8
1.10.1. Objetivos Específicos	8

II. DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO.....	9
2.1. Organigrama de Mantenimiento.....	9
2.2. Definición de las Funciones.....	10
2.2.1. Jefe de Mantenimiento y Proyectos.....	10
2.2.2. Staff(asistente) de Mantenimiento.....	10
2.2.3. Mecánicos.....	10
2.2.4. Electricistas.....	10
2.2.5. Misceláneos.....	10
ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO	10
2.3. Sistema de Mantenimiento.....	10
2.4. Documentación	11
2.4.1. Uso de materiales	11
2.4.2. Solicitud de materiales	11
2.4.3. Solicitud de emisión de cheque	11
2.4.4. Control de Trabajos Diarios (Orden de Trabajo).....	12
2.4.5. Control de Trabajos Realizados.....	12
III. PROCESOS DE PRODUCCIÓN.....	13
3.1 Descripción General del Proceso.....	13
3.2. Distribución Actual de la Planta	14
IV. METODOLOGÍA.....	20
METODOLOGÍA DEL PROYECTO ADMINISTRATIVO	20
4.1. Descripción.....	20
4.2. Valoración del estado actual del equipo y condiciones de la planta	20
4.2.1. Selección del equipo.....	20
4.2.2. Parámetros de Funcionamiento Global	21
4.2.3. Ambiente de trabajo	21
4.2.4. Deterioro de la máquina	21
4.3. Recolección y Ordenamiento de la Información.....	21
4.3.1. Estudio Técnico de la Máquinas.....	21

4.3.2. Formación de un Archivo Técnico	21
4.3.3. Codificación de la Maquinaria	21
4.4. Dividir la máquina en partes y subpartes	21
4.5. Elaboración del plan Preventivo	22
4.5.1. Definir los objetivo específicos del PMP	22
4.5.2. Elaborar el manual de Mantenimiento Preventivo	22
4.5.3. Disponibilidad de PMP.....	22
4.5.4. Gantt Anual	22
4.5.5. Herramienta Computacional.....	22
METODOLOGÍA DEL PROYECTO TÉCNICO.....	23
4.6. Análisis y mejoramiento del sistema de Extracción de Polvo.....	23
4.6.1. Análisis del sistema actual.....	23
4.6.2. Propuesta de un sistema de extracción	23
4.6.3. Diseño del sistema de purificación del aire.....	24
4.6.4. Estimación de los materiales	24
V. MARCO CONCEPTUAL	25
MANTENIMIENTO INDUSTRIAL	25
Historial del Mantenimiento Industrial.....	25
ELEMENTOS DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL.....	27
Definiciones	27
5.2.1. Infraestructura de la planta.....	27
5.2.2. Mantenimiento Industrial	27
5.2.3. Fallo.....	27
5.2.4. Mantenimiento Correctivo.....	27
5.2.5. Mantenimiento Preventivo	28
5.3 Funciones del Mantenimiento	29
VI. DESARROLLO DEL PROYECTO ADMINISTRATIVO.....	31
PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO (PMP).....	31

6.1. Selección del Equipo.....	31
6.1.1. Descripción de la Máquina Mesa de Corte marca LYNX.....	31
6.2. Parámetros de Funcionamiento Global.....	33
6.3. Ambiente de Trabajo	33
6.4. Deterioro de la Máquina	34
6.5. Estudio Técnico de la Máquina	34
6.6. Codificación de la Maquinaria	35
6.7. División de la Máquina en Partes.....	36
6.8. Formación del Archivo Técnico	37
6.9. Objetivos Específicos del PMP.....	37
6.10. Manual de Mantenimiento Preventivo	37
6.11. Elaboración de una Base de Datos.....	38
6.11.1 Introducción.....	38
6.11.2 Metodología.....	39
6.11.3. Necesidades del cliente.....	39
6.11.4. Información del Sistema.....	40
6.11.5. Software a Utilizar.....	41
6.11.6. Modelaje del Programa.....	41
VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	52
CONCLUSIONES	52
RECOMENDACIONES.....	53
VIII. MARCO CONCEPTUAL PROYECTO TÉCNICO.....	54
8.1. Aire Atmosférico.....	54
8.2. Concepto de Ventilación	54
8.3. Renovaciones o Cambios de Aire	54
8.4. Maneras de Ventilar.....	55
8.4. Ventilación Localizada.....	56
8.5. Presión, presión estática, dinámica y total	57
8.6. Ciclones.....	59

8.7. Ventiladores Centrifugos	62
8.8. Selección del Ventilador	63
IX. DESARROLLO DEL PROYECTO DE DISEÑO:	65
SISTEMA ACTUAL DE EXTRACCIÓN	65
DISEÑO DE UN SISTEMA DE DEPURACIÓN DEL AIRE	74
Análisis de Resultados	81
X. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	82
CONCLUSIONES	82
RECOMENDACIONES	83
APÉNDICE A. MUESTRA DE CÁLCULOS	85
A.1. Cálculos del sistema de extracción actual	85
A.2. Cálculo del Ciclón	89
A.3. Sistema de Extracción con el Ciclón	94
ANEXO A. DOCUMENTOS DE MANTENIMIENTO	98
ANEXO B. PROPIEDADES DEL AIRE	99
ANEXO C. NÚMERO DE RENOVACIONES DE AIRE POR HORA	100
ANEXO D. CARACTERÍSTICAS DE LA PARTÍCULA	101
ANEXO E. VALORES DE K	102
ANEXO F. SELECCIÓN DEL SEPARADOR	103
ANEXO G. PÉRDIDAS EN DUCTOS CIRCULARES	104
ANEXO H. CARACTERÍSTICAS DEL VENTILADOR	105
ANEXO I. CURVAS DEL CICLÓN SEGÚN FABRICANTES	106
BIBLIOGRAFÍA	107

INDICES FIGURAS

Figura 1.1. Organigrama.....	5
Figura 2.1. Organigrama del departamento de Mantenimiento.....	9
Figura 3.1. Áreas de Producción	14
Figura 3.2 Área de Corte	15
Figura 3.3 Área de Armado.....	16
Figura 3.4 Área de Soldadura.....	17
Figura 3.5. Área de Pintura.....	18
Figura 3.6. Área de Limpieza (Sandblasting).....	19
Figura 6.1 Mesa de Corte	33
Figuras 6.2. Áreas de Producción.....	35
Figura 6.3 Codificación Propuesta.....	36
Figura 6.4. Pasos para el diseño del programa	39
Figura 6.5. Vista de una Tabla en Microsoft Access.....	41
Figura 6.6. Vista de un Formulario en Microsoft Access.....	42
Figura 6.7. Relaciones Entre Tablas.....	44
Figura 6.8. Presentación del Programa.....	44
Figura 6.9. Orden de Trabajo.....	45
Figura6.10. Pantalla Para Actualizar Áreas.....	46
Figura 6.11. Actualización de Infraestructura (Equipos)	46
Figura 6.12. Pantallas Para Actualizar Partes de la Infraestructura Sujeta a Mantenimiento.....	47
Figura 6.13. Actividades Pendientes de Mantenimiento	48
Figura 6.15. Reporte de Fallas.....	50
Figura 6.16. Actividades de Mantenimiento Preventivo	51
Figura 6.17. Registro de Personal.....	51
Figura 8.2. Funcionamiento de un Ciclón	60
Figura 8.3. Tipos de Ciclones.....	61

Figura 9.1. Vista General de la Cámara de Limpieza(Sandblasting)	65
Figura 9.2. Vista del diseño Actual	67
Figura9.3. Entradas de Aire.....	68
Figura 9.4. Mediciones Realizadas.....	70
Figura 9.5. Diseño Propuesto	72
Figura 9.6. Dimensiones del Ciclón	75
Figura 9.7. Partes del Sistema con el Ciclón	79
Figura 9.8. Sistema de Extracción con el Ciclón.....	80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 6.1. Partes y subpartes de la Mesa de Corte	36
Tabla9.1. Elementos del Sistema de Extracción	66
Tabla 9.2. Características del Ventilador Actual.....	66
Tabla 9.3. Dimensiones del Local	69
Tabla 9.4. Elementos del sistema propuesto	72
Tabla 9.5. Resumen de pérdidas para el diseño propuesto.....	73
Tabla 9.6. Resumen de cálculos de los conductos del ciclón.....	78

NOMENCLATURA

Símbolo	Descripción
A	área transversal de la tubería
A	anual
A	altura del local
Ac	área del ciclón
AC	área de corte
AR	área de armado
AL	área de limpieza
D	diámetro del la partícula
DI	diario
Dc	diámetro del ciclón
Dcorte	diámetro de corte a una eficiencia del 50%
Dd	diámetro del ducto de salida de las partículas
De	diámetro del conducto de salida del aire
E	eléctrico
EM	electromecánico
hf	caída de presión en los ductos
H	altura del ducto de entrada del aire al ciclón
Hf	caída de presión total
H1	altura del tanque del ciclón
H2	altura del cono del ciclón
K	coeficiente de pérdida de presión
L	longitud del conducto
L	largo del local
N	número de vueltas del aire dentro del ciclón
M	mensual
OP	operario
PMP	programa de mantenimiento preventivo
Pent	presión de entrada
Psal	presión de salida
PI	área de pintura
HP	potencia del motor del ventilador
Q	quincenal
Qt	caudal total de aire extraído
RPM	revoluciones por minuto
S	altura del tubo de descarga del ciclón

SE	semanal
ST	semestral
T	trimestral
T	temperatura
R/D	relación de radio entre diámetro de un codo de 90°
Wi	ancho del tubo entrada del aire al ciclón
V	velocidad del aire
V	volumen del local
Vc o Vi	velocidad del gas de entrada al ciclón

Caracteres Griegos	Descripción
ρ	densidad kg/m ³
η	eficiencia
π	PI(3.14159)
μ	micras
μ	viscosidad dinámica

Conversiones:

- 1m = 3,28pies = 39,37 pulgadas
- 1HP = 746Watts
- 1 μ = 0,001m
- pie³ = 0,2831 m³
- Pa = 4.02pulg H₂O

CAPÍTULO I

I. INTRODUCCIÓN

A. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

1.1 Misión

Se brindan soluciones de infraestructura metalmecánica que contribuyen con el bienestar de la sociedad.

1.2 Visión

Se propone: ser líder en el desarrollo de proyectos en los sectores de construcción, generación de energía e inmobiliario en la Región Centroamericana.

Fortalecer la capacidad instalada con la mejor tecnología y personal calificado para alcanzar los más altos estándares de calidad.

A través de sólidas alianzas estratégicas, lograr mayor participación en los mercados y de esta forma mayor rentabilidad.

1.3. Generalidades de la Empresa

La empresa **Saret Metalmecánica, S.A.** nació debido a la necesidad imperante en el mercado de tener productos en acero pesado, con alta calidad y de un grado tecnológico acorde con los requerimientos internacionales.



Es precisamente, en calderería (tanques, silos, recipientes a presión, tolvas, tuberías a presión) en donde SARET Metalmecánica ha logrado tener un liderazgo en el ámbito regional. Fue en 1983, cuando se incursionó en tanques soldados, se montó con sus tanques toda la Terminal de Hidrocarburos Barranca (Proyecto Llave en Mano) de la Refinadora Costarricense de Petróleo S.A. (RECOPE). A partir de ese momento, se ha adoptado como política el perfeccionamiento e innovación de maquinaria y equipos, facilidades, sistemas fabriles y de calidad destinados a tanques.

En 1987, se emitió el primer manual de Garantía de Calidad; de hecho, se obtuvo en 1991 y hasta año 1995 se logró la certificación para fabricar el estampando con el sello “U” de la sociedad americana de ingeniería mecánica, ASME (American Society of Mechanical Engineering) en donde la compañía de inspección fue “The Hartford Steam Boiler Inspection and Insurance Co”.

El mercado nuevamente demandó no sólo un alto grado tecnológico y de calidad, sino tiempos de entrega muy reducidos, por dicha razón y para mantener la vanguardia, SARET aumentó su capacidad instalada, con una nueva planta Metalmecánica con la visión de ser los más grandes, modernos y eficientes de la región, empleó sistemas de producción en línea que redujeran la mano de obra hasta en un 50%. Ahora se cuenta con 10,000 m² de área productiva en línea, con los departamentos de: corte y formado, armado, soldadura y limpieza y pintura.

Sin contar ductos, silos y similares, SARET Metalmecánica ha logrado satisfacer las demandas de tanques, a clientes, a quienes se les ha diseñado, fabricado, ensamblado o transportado en total más de 200 tanques con capacidades de hasta 100,000 barriles o de otros usos como tanques elevados, subterráneos o con techo flotante, de diferentes materiales como acero al carbono, inoxidable o aleados. Estos tanques a su vez se han utilizado para líquidos o gases como lo son carburos, LPG(gas propano), aguas, alcoholes, aceites, gases, grasas, ácidos, leche y otros.

En el transcurso de los años se ha tenido la experiencia de transportar tanques semi- ensamblados con hasta 6m de diámetro, con alturas de 4m y pesos de hasta 30 toneladas.

Unido con todo lo anterior, no se ha dejado de lado la integridad física y mental de los trabajadores, a quienes se les ha brindado capacitación, planes de salud ocupacional, equipamiento de utensilios de seguridad, atención de salud, mediante médico de empresa y por supuesto, motivación a cada uno de ellos para así obtener un producto de mejor calidad, a un menor costo.

Saret Metalmecánica como empresa independiente del grupo Saret, nació en julio del 2000, con cédula jurídica independiente, de la misma forma en su parte presupuestaria y financiera.

Actualmente, Saret Metalmecánica se encuentra en un mercado cada vez más competitivo, no sólo en el ámbito regional si no, también a nivel regional, la competencia a nivel de Centroamérica, en cuanto a capacidad de producción y tecnología, sólo en Guatemala y Panamá se podrían equiparar. A nivel nacional las empresas son de pequeñas a medianas, pero estas entidades cada vez adquieren maquinaria avanzada y dejan de ser una ventaja competitiva para Saret Metalmecánica, de esta manera se explica, como antes era un mercado cautivo y hoy en día se debe tomar en cuenta esta competencia, la cual ha ido creciendo rápidamente, al presentar

menores precios ya que los costos fijos de ellos, por el menor tamaño de sus plantas, menor cantidad de personal administrativo y otros, es muy bajo que el de Saret Metalmecánica. Se esta en desventaja, y da una ventaja competitiva a la competencia.

1.4 Ubicación Geográfica

La empresa SARET METALMECÁNICA está ubicada en Río Segundo de Alajuela, 1.5Km al este del aeropuerto Juan Santamaría, contiguo a la Zona Industrial Saret.

1.5 Números de Empleados

El recurso humano de la empresa varía según la cantidad de trabajo por realizar, recurriendo entonces a la contratación de personal por períodos definidos, por lo que la cantidad de empleados se puede cifrar entre las 120 y 400 personas.

1.6. Organización de la Empresa

La siguiente figura muestra el organigrama de la empresa .

Fuente: Saret Metalmecánica.

Figura 1.1. Organigrama

Fuente :Saret Metalmecánica

B. JUSTIFICACIÓN DE LOS PROYECTOS

1.7. Proyecto Administrativo

Saret Metalmecánica es una compañía que se encarga de realizar grandes obras estructurales de acero, mediante procesos de corte, armado, soldado, limpieza o acabado y pintura del metal.

Para realizar estas labores se cuenta con un sinnúmero de equipo especializado, al que hoy en día sólo se le ejecuta mantenimiento correctivo. Debido al reciente interés de la empresa por introducir la norma ISO 9000 (Organización Internacional de la Normalización), versión dos mil, los trabajos realizados por estos equipos deben garantizar la calidad del producto terminado. Por otra parte, la implementación de ISO 9000 requiere que exista una documentación con la cual se le de un seguimiento y verificación a los trabajos de mantenimiento ejecutados.

Esto generó la necesidad de implementar un programa de mantenimiento preventivo que ayude a mejorar las condiciones de la maquinaria y de editar los documentos que permitan salvaguardar la información de las tareas de mantenimiento realizadas.

1.8. Proyecto de Diseño

En Saret Metalmecánica se realizan varios procesos, uno de ellos consiste en la limpieza de la superficie del material, con la finalidad de eliminar impurezas para una posterior aplicación de pintura.

Esta labor consiste en la aplicación de un chorro de partículas metálicas impulsadas por un compresor donde la arena golpea la superficie del material a una alta presión pule la superficie; en consecuencia, separa el óxido del metal.

Por las características del trabajo, se debe ejecutar dentro de un cuarto cerrado, donde un ventilador se encarga de extraer el polvo generado.

Actualmente las condiciones de trabajo no son óptimas debido a que el polvo o suciedad generada no es extraída en su totalidad; ante ésta situación es necesario analizar el sistema actual y proponer mejoras que garanticen optimizar las condiciones del sitio de trabajo, aumentar la eficiencia en la extracción de los sólidos, ya que es un proceso clave en la elaboración de las estructuras metálicas.

C. OBJETIVOS

1.9. Objetivo General del Proyecto Administrativo

Mejorar las condiciones del funcionamiento de los equipos, mediante la implementación de un mantenimiento preventivo.

1.9.1. Objetivos Específicos

- Fomentar una mentalidad preventiva en el personal de la planta.
- Disminuir los tiempos de paro por fallas de la maquinaria.
- Bajar los costos de mantenimiento por reparaciones.
- Hacer que las máquinas sean más confiables.
- Mejorar los tiempos de producción.
- Mejorar la calidad de los productos terminados.
- Garantizar mayor eficiencia y seguridad para los usuarios.

1.10. Objetivo General del Proyecto de Diseño

Proponer un sistema eficiente de extracción y de purificación del aire, en la cámara de limpieza de materiales (sandblasting).

1.10.1. Objetivos Específicos

- Mejorar el sistema de extracción.
- Aumentar la confiabilidad del sistema.
- Garantizar un ambiente de trabajo limpio.
- Contribuir con el medio ambiente.
- Disminuir riesgos de accidentes laborales.

CAPÍTULO II

II. DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO

2.1. Organigrama de Mantenimiento

En la siguiente ilustración se presenta el organigrama del departamento de mantenimiento.

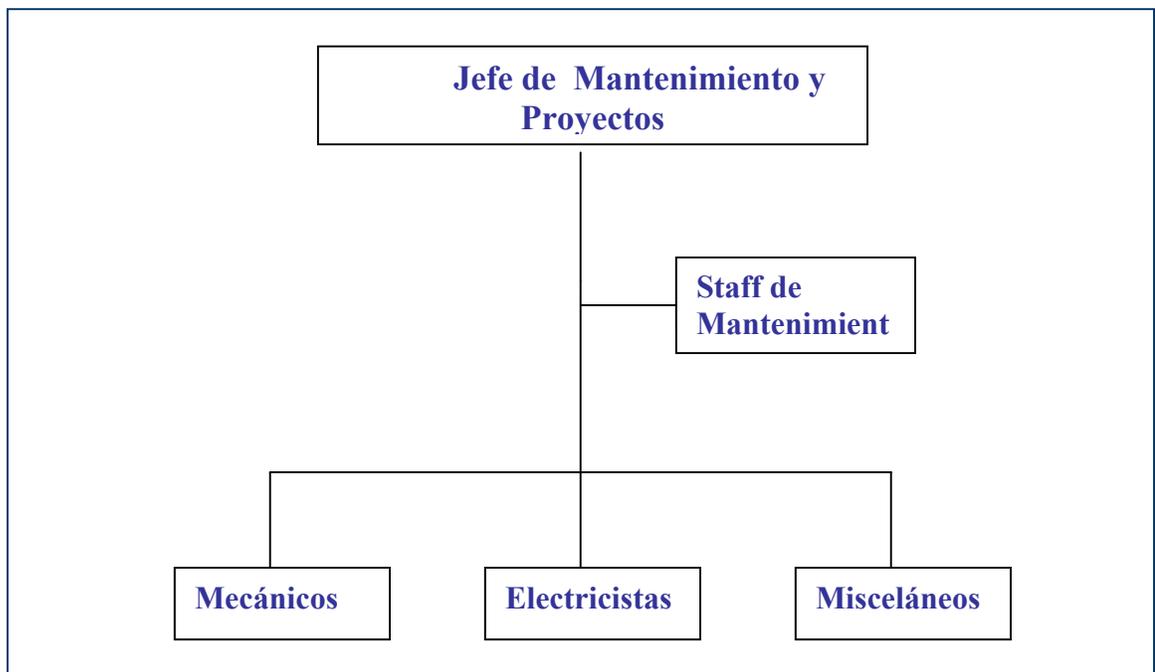


Figura 2.1. Organigrama del departamento de Mantenimiento

Fuente: Departamento de Mantenimiento

2.2. Definición de las Funciones

2.2.1. Jefe de Mantenimiento y Proyectos

Se responsabiliza directamente del departamento de mantenimiento, coordina y distribuye los trabajos del taller; supervisa y dirige proyectos de campo.

2.2.2. Staff(asistente) de Mantenimiento

Es encargado de supervisar y coordinar las labores de mantenimiento en la planta, que son tareas como reparaciones generales de la maquinaria, mantenimiento de las instalaciones y oficinas.

2.2.3. Mecánicos

Los mecánicos tiene a cargo el mantenimiento de equipo (motores, compresores, y otros.), mediante ajustes o cambios necesarios y reparación de fallas.

2.2.4. Electricistas

Se encargan de los sistemas eléctricos de los equipos, revisan e instalan el equipo eléctrico o electrónico.

2.2.5. Misceláneos

Se responsabilizan de la limpieza general de la planta en actividades como; mantener lavados los pisos de oficinas, limpiar baños y otras tareas de limpieza.

ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO

2.3. Sistema de Mantenimiento

Básicamente el sistema que se ha utilizado en los últimos años es el de mantenimiento correctivo, es decir, sólo se limita a localizar y reparar fallos provocados

durante la operación del equipo. Sin embargo, también se ha trabajado en el mantenimiento programado, con el propósito de ir incluyendo, poco a poco, un programa de mantenimiento preventivo.

2.4. Documentación

Existen una serie de documentos que permiten organizar y controlar las labores de mantenimiento dentro de la planta, estos son:

2.4.1. Uso de materiales

Para retirar algún repuesto u objeto necesario en labores de mantenimiento se llena una hoja de “Informe para uso de materiales”. Este documento se llena con datos como: número de cuenta del departamento o proyecto, fecha, proyecto, cantidad, descripción del objeto y firmas respectivas.

2.4.2. Solicitud de materiales

Esta hoja se llena cuando no existen los materiales necesarios en bodega, el encargado de mantenimiento es quien tramita este documento. Para ello, se debe completar con el nombre del proyecto, dónde se va usar, el número de cuenta del proyecto o departamento, ubicación, la fecha del día en que se requiere el repuesto y especifica si es urgente el número de ítem, la descripción, la unidad de medida (litros, galones, metros, y otros.), firma, fecha, hora, análisis de bodega, análisis de proveeduría y el saldo. Una copia debe quedar en el departamento, otra en bodega y el original en proveeduría.

2.4.3. Solicitud de emisión de cheque

Ésta se hace para pagar los materiales comprados, se especifican los siguientes datos: fecha, proyecto, nombre de la persona o entidad a pagar, cantidad en dólares o colones, concepto, descripción, cantidad, precio unitario, total del costo, observaciones y las firmas correspondientes.

2.4.4. Control de Trabajos Diarios (Orden de Trabajo)

Se utiliza para la asignación de trabajos de mantenimiento y control de la duración de los mismos. Se describe el número de la orden, el número de cuenta del proyecto al cual pertenece la máquina, una pequeña descripción de la tarea asignada, momento de inicio, tipos de materiales usados, el personal necesario, el avance logrado, fecha y quien autoriza la labor.

2.4.5. Control de Trabajos Realizados

Se registra las labores de mantenimiento realizadas en las instalaciones y en los equipos, pretende llevar un control sobre los problemas presentes, debido a fallas y a las soluciones dadas. Esto para agilizar los futuros trabajos de mantenimiento.

Aquí se describen la fecha de realización, el número de orden de trabajo, el número de cuenta, una descripción del trabajo, los materiales usados, los recursos humanos, duración y las soluciones que se le dieron al problema.

CAPÍTULO III

III. PROCESOS DE PRODUCCIÓN

3.1 Descripción General del Proceso

Se utiliza una visión moderna para fabricar estructuras metálicas que aseguren calidad y eficiencia, la empresa Saret Metalmecánica, ejecuta una serie de procesos como: armado, corte, limpieza, y pintura, debidamente estructurados.

El desarrollo de un proyecto se realiza por etapas, cada una de estas posee el mismo grado de importancia, ya que de igual forma influirán en el resultado final y la duración de la estructura en las diversas condiciones de trabajo.

Etapas:

1- Diseño: es la primera de las etapas, donde se incluye la selección de materiales, el cálculo de los requerimientos técnicos, planos del proyecto, y las normas aplicables para cada caso.

2- Fabricación: la fabricación se constituye por los procesos de corte, armado, soldadura, rolado, limpieza abrasiva de la superficie metálica y pintura o incluso inspección por ensayos no destructivos. Los diversos procesos llevados a cabo en la fabricación dependen del grado de complejidad de la estructura a construir.

3- Inspección o control de calidad: se realiza en cada una de las etapas de fabricación y toma como base los procedimientos del manual de Garantía y Calidad de la empresa.

Los reportes de las pruebas realizadas se usan para después hacer la evaluación del componente, que garantiza el producto con la calidad requerida. La Inspección durante servicio, se hace a las estructuras o piezas en donde por condiciones de funcionamiento y diseño se presenten más exigencias mecánicas, y se realizará mediante ensayos no destructivos.

3.2. Distribución Actual de la Planta

La distribución en planta cambia constantemente, debido a que cuando se trabaja en un proyecto nuevo, varía la ubicación de las áreas establecidas o éstas son compartidas, pero no así las operaciones que se realizan. Sin embargo la máquinas de los procesos principales no varían su ubicación dentro del local.

Sand Blasting Pintura 2		Armado 4 Soldadura 3 Pintura 1		Armado 3 Almacén 2
Armado 2 Soldadura 2		Armado 1 Soldadura 1		Corte Almacén 1

Figura 3.1. Áreas de Producción

Fuente: Analista

La figura 3.1, corresponde únicamente a las áreas de trabajo; las demás, como oficinas y anexos. Aunque las zonas de mediana importancia, se encuentran alejadas del área de procesamiento, por el ruido que junto a otros factores como el espacio no permiten su ubicación en el lugar, pero se encuentran lo suficientemente cerca para mantener la relación.

A continuación se muestran fotos de las diferentes áreas de producción.

AREA DE CORTE

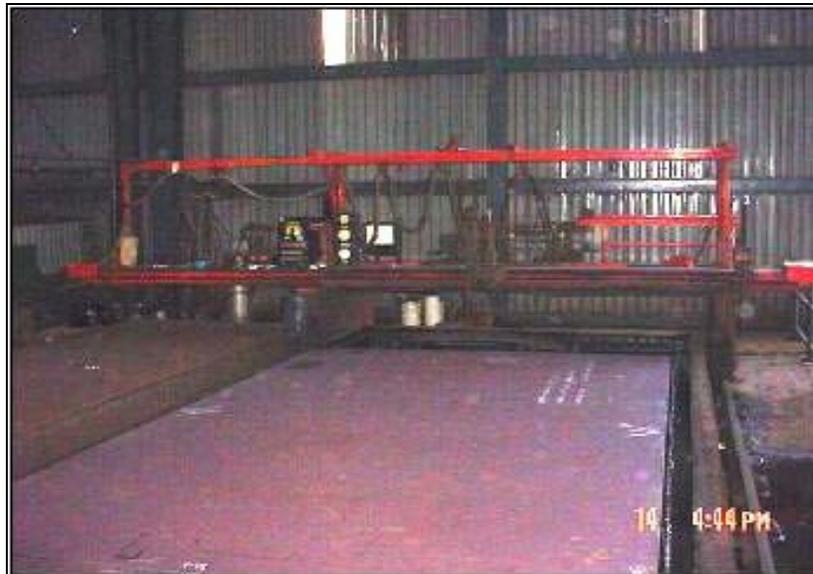


Figura 3.2 Área de Corte

Fuente: Analista

ÁREA DE ARMADO



Figura 3.3 Área de Armado

Fuente: Analista

ÁREA DE SOLDADURA



Figura 3.4 Área de Soldadura.

Fuente: Analista

ÁREA DE PINTURA



Figura 3.5. Área de Pintura

Fuente: Analista

AREA DE LIMPIEZA



Figura 3.6. Área de Limpieza (Sandblasting)

Fuente: Analista

CAPÍTULO IV

IV. METODOLOGÍA

METODOLOGÍA DEL PROYECTO ADMINISTRATIVO

4.1. Descripción

A continuación se describen los pasos necesarios, usados como guía en la realización de un esquema, para implementar un programa de mantenimiento preventivo:

De manera general estos se cimientan en tres fases importantes:

- Valoración del estado actual del equipo y condiciones de la planta.
- Recolección y Ordenamiento de la información.
- Elaboración del plan preventivo.
- Herramienta computacional (software para una base de datos).
- Adecuar los documentos de mantenimiento a ISO 9000 versión dos mil.

4.2. Valoración del estado actual del equipo y condiciones de la planta

4.2.1. Selección del equipo

Como se mencionó, éste es un plan piloto de mantenimiento preventivo que se va a implantar en toda la maquinaria, para empezar el trabajo se toma una muestra del equipo. En este caso el preventivo es basado sobre la mesa de corte, asignada por los departamentos de producción y mantenimiento en conjunto, debido al valor que tiene en la producción .

4.2.2. Parámetros de Funcionamiento Global

Se trata de identificar aquellos parámetros que puedan indicar la eficiencia global de la máquina.

Estos pueden ser, horas de paro, eficiencia de la máquina, unidades producidas,

4.2.3. Ambiente de trabajo

Es importante tomar en cuenta el ambiente en que funciona el equipo, ya que es un factor importante para determinar los periodos y frecuencias de mantenimiento.

4.2.4. Deterioro de la máquina

Se realiza un estudio donde se indique cuáles son las condiciones actuales de la máquina, si presenta un deterioro normal o anormal.

4.3. Recolección y Ordenamiento de la Información

4.3.1. Estudio Técnico de la Máquinas

Implica realizar un estudio de planos, catálogos, manuales, funcionamiento e historial de la máquina y tomar en cuenta la experiencia de las personas encargadas del mantenimiento o usuarios directos de la misma.

4.3.2. Formación de un Archivo Técnico

Se deberá reunir y ordenar la información obtenida en el estudio técnico.

4.3.3. Codificación de la Maquinaria

Se trata de ubicar las máquinas por medio de un código, para indentificarlas claramente aun cuando hayan equipos repetidos.

4.4. Dividir la máquina en partes y subpartes

Este procedimiento se hace para desglosar la máquina y tener una visión más detallada de los elementos que conforman el equipo.

4.5. Elaboración del plan Preventivo

4.5.1. Definir los objetivo específicos del PMP

Consiste en definir y cuantificar las expectativas previstas por TMP.

4.5.2. Elaborar el manual de Mantenimiento Preventivo

Se define la información referente a las inspecciones por realizar , los tiempos de duración, períodos, frecuencia y operarios.

4.5.3. Disponibilidad de PMP

Se definen los o se calculan los tiempos necesarios para cada labor de mantenimiento .

4.5.4. Gantt Anual

Es un cuadro que permite la distribución en el tiempo de las inspecciones, cuando se programan en las diferentes semanas del año, según su período, frecuencia y la disponibilidad para ejecutar el mantenimiento preventivo.

4.5.5. Herramienta Computacional

Con la elaboración de la base de datos en Microsoft Access se pretende llevar en forma automatizada y eficiente un seguimiento tanto de la información, como de los controles en las máquinas que se maneja en el departamento de mantenimiento.

Fuente: Folleto de Mantenimiento I

METODOLOGÍA DEL PROYECTO TÉCNICO

4.6. Análisis y mejoramiento del sistema de Extracción de Polvo.

4.6.1. Análisis del sistema actual.

Se trata de hacer una revisión o estudio de los elementos que componen el proceso actual de extracción de aire dentro de la cámara de limpieza para los materiales.

Para el estudio se considera:

- 1- Características del cuarto.
- 2- Ambiente de trabajo.
- 3- El ventilador (ubicación, características técnicas, condiciones de trabajo, y otros).
- 4- Ductos (su estado y distribución).
- 5- Accesorios(filtros, codos, ampliaciones y otros).

4.6.2. Propuesta de un sistema de extracción

Se propone mejoras de diseño para el sistema actual y aumentar la eficiencia del proceso. Esto se realiza por medio del siguiente procedimiento:

- 1- Conocer el volumen del local.
- 2- Investigar la cantidad de cambios de aire por hora.
- 3- Calcular el caudal requerido.
- 4- Conocer las velocidades recomendadas.
- 5- Calcular pérdidas en los conductos y accesorios.
- 6- Seleccionar un ventilador de extracción.

4.6.3. Diseño del sistema de purificación del aire.

Para realizar el diseño de un purificador de aire, se siguen los siguientes pasos:

- 1- Definir el tipo de partículas que necesita transportar.
- 2- Estimar el tipo de purificador o separador de aire, se debe utilizar según la partícula.
- 3- Calcular las dimensiones y eficiencia del separador.
- 4- Calcular la caída de presión o pérdidas.
- 5- Diseñar el nuevo sistema de extracción, adecuado para el purificador.

4.6.4. Estimación de los materiales

Se trata de conocer los materiales y características recomendadas para la fabricación de los ductos y del sistema de separación de sólidos o purificador de aire.

CAPÍTULO V

V. MARCO CONCEPTUAL

MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

Historial del Mantenimiento Industrial

En la década de 1980 los países occidentales tenían un objetivo bien definido: obtener un máximo de rentabilidad para una inversión dada. Pero con la penetración de la industria oriental en el mercado occidental el consumidor pasó a ser un elemento importante en las adquisiciones, por que exige la calidad de los productos y servicios suministrados. Entonces a partir de este momento las empresas empiezan a considerar el factor calidad, como una necesidad para mantenerse competitivas en el mercado.

Desde 1975 la Organización de las Naciones Unidas definía a la actividad final de cualquier entidad organizada como Producción = Operación + Mantenimiento.

La historia del mantenimiento se remonta, ya desde el desarrollo técnico industrial de la humanidad, afines del siglo XIX, con la mecanización de las industrias surge la necesidad de las primeras reparaciones. Hasta 1914 el mantenimiento tenía un papel secundario y era ejecutado por el mismo grupo de operación.

Con la llegada de la Primera Guerra Mundial y con la implementación de la producción en serie, las fábricas pasaron a establecer programas mínimos de producción y como consecuencia de esto, sintieron la necesidad de formar equipos, que pudieran realizar reparaciones en las máquinas en el menor tiempo posible.

En la década de 1930, cuando la Segunda Guerra Mundial y la necesidad de aumentar la rapidez de la producción, los administrativos no solo se preocuparon de reparar fallas, sino también de evitar que estas no ocurriesen; el personal técnico paso a elaborar un proceso de prevención de averías, formando una estructura importante como la de operación.

Alrededor del año 1950, con el desarrollo de la industria para satisfacer los esfuerzos de la postguerra, la evolución de la aviación y la electrónica, los gerentes de mantenimiento observaron que se tardaba más tiempo en diagnosticar las fallas que en repararlas, por lo tanto se forma un órgano asesor llamado Ingeniería en Mantenimiento recibió las funciones de planificar y controlar el mantenimiento preventivo, analizó causas y efectos de las averías.

A partir de 1966 con la difusión de las computadoras, el fortalecimiento de las Asociaciones Nacionales de Mantenimiento y la sofisticación de los instrumentos tanto de protección como de medición, pasó a desarrollar criterios de predicción o previsión de fallas, con el objetivo de optimizar el desempeño de los grupos de ejecución de mantenimiento.

Ya en 1980, con el desarrollo de la computadoras personales a costos reducidos y lenguaje simple, los órganos de mantenimiento pasaron a desarrollar sus propios programas, y eliminando la dependencia de disponibilidad humana y de equipos para atender las prioridades de procesamiento.

Mantenimiento pasa a ser entonces un órgano de asesoramiento a la supervisión general de producción, influye significativamente en el área de operación.

En estos últimos años y por medio de estas etapas evolutivas el Mantenimiento Industrial se ha caracterizado por la reducción de costos y por la garantía de la calidad

(a través de confiabilidad y productividad de los equipos) y cumplió con los tiempos de ejecución (a través de la disponibilidad de los equipos).

Fuente: Tavares, 2000

ELEMENTOS DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

Definiciones

Para aclarar algunos conceptos básicos de mantenimiento se dan las siguientes definiciones

5.2.1. Infraestructura de la planta.

Se refiere al equipo, obra o instalación, al que se le da mantenimiento .

5.2.2. Mantenimiento Industrial

La palabra “***Mantenimiento Industrial*** “ se emplea para designar las técnicas que aseguran la correcta utilización de edificios e instalaciones y el continuo funcionamiento de la maquinaria productiva.

Otros autores lo definen como:

Todas las acciones para que una infraestructura sea conservada o restaurada de modo que permanezca de acuerdo con una condición especificada.

5.2.3. Fallo

Ocurrencia o evento que impiden el funcionamiento de una infraestructura.

5.2.4. Mantenimiento Correctivo

Este sistema se caracteriza por la corrección de las fallas a medida presentan, ya sea por síntomas claras y avanzadas o por paro del equipo. Es el sistema más generalizado por ser el que requiere menos conocimiento y organización.

Las fases de este trabajo son:

- a) Se presenta la falla.
- b) Se solicita la ejecución del trabajo.
- c) En el momento oportuno, el encargado se ordenará el análisis, por parte del encargado, debe ejecutarse por una persona capacitada para: Inspeccionar el equipo, detectar la falla, planear el trabajo para corregirla, estimar la mano de obra y el material necesario.
- d) Por parte del encargado de mantenimiento se ordena la ejecución del trabajo, con cierto grado de supervisión.
- e) Ejecutado el trabajo, el encargado hace una inspección final.
- f) Se entrega el equipo en condiciones de seguir funcionando correctamente.

5.2.5. Mantenimiento Preventivo

Se entiende por **Mantenimiento Preventivo**, la acción de inspeccionar y reparar antes de que se produzca la avería, es decir, reparar cuando la maquinaria o instalaciones están todavía dentro de los límites aceptables, se toma en cuenta la seguridad, calidad y desgaste.

Se define también como: todos los servicios de inspecciones sistemáticas, ajustes, conservación y eliminación de defectos, que buscan evitar los fallos.

Al mantenimiento preventivo se le dan las siguientes clasificaciones :

- **Mantenimiento Preventivo por Tiempo:**

Servicios preventivos preestablecidos a través de una programación (preventiva sistemática, lubricación, inspección o rutina), definidas en unidades de calendario(día, semana) o en unidades no calendario (horas de funcionamiento, kilómetros recorridos y otros.)

- **Mantenimiento Preventivo por Estado:**

Servicios preventivos ejecutados en función de la condición operativa del equipo (reparación de defectos, predictivo, reforma o revisión general).

5.3 Funciones del Mantenimiento

El mantenimiento busca velar por un buen servicio de los diferentes equipos de una manera continua, segura y compatible con el medio ambiente. El mantenimiento actual esta caracterizado por la búsqueda frecuente de tareas que permitan eliminar o minimizar la ocurrencia de fallos y disminuir las consecuencias de las mismas.

Las razones, por las cuales, hacemos mantenimiento pueden ser resumidas en las siguientes categorías:

I. Reducir tiempo de paralización: Se disminuye en lo posible los tiempos de paro en los equipos que afectan la operación.

II. Garantía de funcionamiento de las instalaciones: se trata que los productos o servicios satisfagan criterios establecidos por el control de calidad y estándares

III. Prevenir o disminuir el riesgo de fallas: se busca bajar la frecuencia de fallas y disminuir sus consecuencias(incluye todas sus posibilidades). Esta es una de las

visiones más básicas del mantenimiento y en muchas ocasiones es el único motor que mueve las estrategias de mantenimiento de algunas empresas.

IV. Recuperar el desempeño; con el uso de los bienes, el desempeño se puede ver deteriorado por dos factores principales; pérdida de capacidad de producción y aumento de costos de operación. Grandes ahorros se han logrado al usar éste como modelo, a veces este factor es de dimensiones mayores que las fallas a evitar, ejemplos típicos son: cambios de filtros de gas, aceite, lavado de compresores axiales.

V. Aumentar la vida útil: la vida útil de algunos activos se ve seriamente afectada por la frecuencia del mantenimiento. Por otra parte, pueden diferir grandes inversiones, como por ejemplo reconstrucciones de equipos mayores. Encontrar el punto exacto de máximo beneficio económico es de suma importancia.

VI. Seguridad, ambiente y aspectos legales; muchas tareas de mantenimiento están dirigidas a disminuir ciertos problemas legales relativos al medio y seguridad. El valor de dichas tareas es difícil de evaluar. El uso de herramientas avanzadas de computación ha permitido en algunos casos evaluar la relación costo / riesgo y así determinar los intervalos óptimos de mantenimiento.

VII. Factor brillo; la imagen pública, aspectos estéticos en los bienes, la moral de los trabajadores, y otros. Son factores importantes a la hora de elegir tareas e intervalos de mantenimiento. Por ejemplo, en la pintura de la fachada en un edificio, el intervalo entre pintadas es modulado más por la apariencia, que por el deterioro de la estructura, por baja protección.

Fuente: Tavares,2000

CAPÍTULO VI

VI. DESARROLLO DEL PROYECTO ADMINISTRATIVO

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO (PMP)

El desarrollo del PMP se lleva a cabo siguiendo los pasos descritos en el capítulo IV, a continuación se presentan los resultados obtenidos en este proceso:

6.1. Selección del Equipo

En la implementación del plan piloto para el programa de mantenimiento preventivo dentro de la empresa, se seleccionó una máquina del área de corte, que funciona por medio de gas plasma. Esto debido al grado de importancia en el proceso de producción.

6.1.1. Descripción de la Máquina Mesa de Corte marca LYNX.

Tipo de Proceso: la máquina de corte cuenta con dos procesos de funcionamiento: plasma y oxicorte.

Plasma: Tiene la ventaja de una velocidad de corte muy elevada (de 5000mm/min) para espesores de 1/8" y 3/16", también puede cortar espesores de hasta 2". No se requiere precalentamiento y la deformación por temperatura es mínima, el acabado es sin presencia de escoria.

Oxicorte (oxígeno y gas butano): es para el corte de espesores de hasta 12”, con la ventaja de que se pueden usar simultáneamente 8 antorchas de corte se ahorra un corte por cada pieza. Es muy utilizado para el corte de patines, para estructuras de edificios.

Modo de Operación:

Para la confección de piezas se cuenta con un software de nombre FastCAM mediante el cual se programan desde una computadora Pentium que se encuentra en una oficina adyacente a la planta.

Todas las piezas por cortar se programan de forma tal que el operador únicamente tiene que ingresar los archivos de las piezas mediante fibra óptica y los almacena en la memoria del computador (CPU) de la máquina de corte, el cual utiliza el computador para realizar las funciones de movimiento. Asimismo este computador cuenta con 33 figuras de librería que el operario puede programar directamente, además, de otras funciones como espejos, rotaciones, y repeticiones de tres tipos: stagger, nested y rectangular.

Tolerancias:

Las tolerancias propias de la máquina son de 3 mm para dimensiones entre 5 metros a los 10 metros y de 4 mm para dimensiones entre 10 metros y 12 metros. Para dimensiones menores se obtienen entre 1 y 2 mm.

Las piezas que se programan mediante el FastCAM, dibujadas para usar el programa de dibujo AutoCAD, con la ventaja de acomodar en la lámina que se va a cortar, este proceso se llama Nesting, de esta forma que el operador no tiene que preocuparse por la ubicación de las piezas en la lámina, ya que la máquina

automáticamente realiza los procesos de apagado, traslación y encendido. Este sistema es de gran utilidad para el aprovechamiento del material desechándose una ínfima parte de la lámina, donde prácticamente una rejilla es la que sale de la mesa de trabajo.

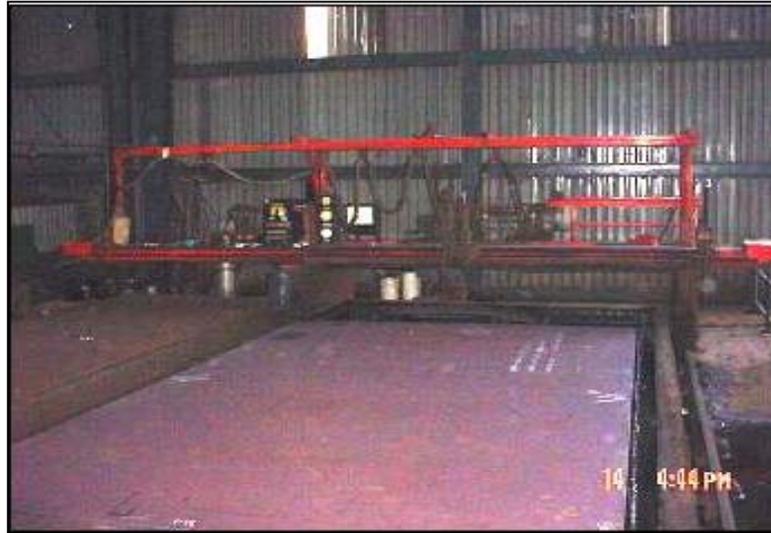


Figura 6.1 Mesa de Corte

Fuente: Analista

6.2. Parámetros de Funcionamiento Global

Como la producción es de tipo irregular y no existe un control de tiempos de paro, se hace difícil el calcular parámetros de funcionamiento; lo que se pretende es que con el PMP, se tenga un mejor control para el manejo los costos debido al tiempo por reparaciones y sean considerados en el futuro.

6.3. Ambiente de Trabajo

Por ser este un taller de metalmecánico se trata de un lugar donde se produce gran cantidad de suciedad debido al polvo metálico proveniente de los diferentes, procesos

y sumándolo al sucio del ambiente, esto provoca la contaminación constante de los equipos.

6.4. Deterioro de la Máquina

Para evaluar el grado de deterioro se realizó una serie de inspecciones visuales a cada una de las partes de la máquina, junto con la información brindada por el personal de mantenimiento y operadores de la misma.

Se observó la existencia un cierto grado de deterioro anormal, gracias a detalles como: falta de pintura, óxido en rieles, fugas de refrigerante y falta de limpieza general en sus componentes.

Las reparaciones realizadas hacen que la mesa de corte y sus partes, funcionen normalmente. Pero se debe hacer énfasis en que los trabajos de mantenimiento por realizar, se enfocaran en dejarla que funcione completa y correctamente, para que el programa de mantenimiento preventivo se lleve a cabo exitosamente.

6.5. Estudio Técnico de la Máquina

El departamento de mantenimiento cuenta con manuales, planos y especificaciones técnicas de la máquina. También se uso la información brindada por el personal encargado de manipula directamente el equipo ya sean estos operarios o los encargados del mantenimiento. Por otra parte se hizo una consulta externa al Sr.Ronald Muñiz quien da soporte técnico a la empresa PRAX AIR. Debido a su experiencia en el uso y mantenimiento de este tipo de equipo.

6.6. Codificación de la Maquinaria

Se realizó una propuesta para la codificación de las máquinas, la cual permite lo siguiente:

1- Identificar el área de cada equipo.

Existen cuatro áreas básicas de producción en donde se encuentran situadas cada una de las máquinas.

Para visualizarlas de una manera sencilla se identifican y abrevian de la siguiente forma:

<i>Área</i>	<i>Abreviatura</i>
Área de Corte	CO
Área de Pintura	PI
Área de Armado	AR
Área de Soldadura	SO
Área de Limpieza (Producción)	AL

Figuras 6.2. Áreas de Producción

Fuente: Analista

2-Identificar el equipo y sus diferentes partes.

Para realizar los trabajos se cuenta con diferentes equipos, tal es el caso de la mesa de corte, conformada por diversas partes como lo son, máquina de gas plasma (Max 200), compresor, puente, y otras. Por esto se le asigna un código a cada equipo y un número a cada un de sus componentes.

Para ilustrar esta idea se puede observar la estructura completa presente en el siguiente ejemplo:

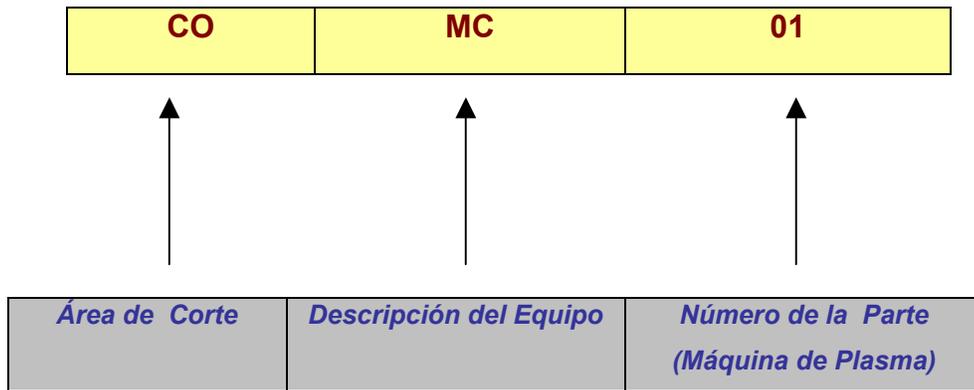


Figura 6.3 Codificación Propuesta.

Fuente: Analista

Esta estructura se hizo con las recomendaciones del Ing. Danny Chaves, Jefe de Mantenimiento.

6.7. División de la Máquina en Partes

Dentro de la empresa se maneja una serie de equipo especializado en las diferentes labores de la producción. Para hacer que su estudio sea lo menos complicado posible se dividen cada uno de estos elementos en partes .

Tabla 6.1. Partes y subpartes de la Mesa de Corte

Área	Equipo	Código
Corte	Mesa de Corte	COMC
PARTES	CODIGO	
MAX(200)		COMC-01
COMPRESOR		COMC-02
CNC		COMC-03
MOTORES A PASOS		COMC-04
OXICORTE		COMC-05
ESTRUCTURA		COMC-06
PILA DE CORTE		COMC-07
UPS		COMC-08

Fuente: Analista

6.8. Formación del Archivo Técnico

Se registran todos los datos técnicos de las máquinas, tanto de manuales, como los de placa y repuestos. Con el objetivo de documentarlo en la base de datos, para que la información esté disponible y pueda ser consultada en el momento propicio.

6.9. Objetivos Específicos del PMP

- Disminuir gastos de mantenimiento.
- Optimizar el funcionamiento del equipo.
- Aumentar vida útil a las máquinas.
- Minimizar paros por fallas.

6.10. Manual de Mantenimiento Preventivo

En este caso el manual de mantenimiento preventivo se adecuó de forma que sirva como un anexo para documentos de ISO 9000 versión 2000, debido a esto se le cambia del nombre de manual de mantenimiento preventivo por el de Actividades de Mantenimiento Preventivo.

Los documentos son generados por la herramienta computacional y se presentan en el anexo B.

El Gantt anual se muestra en los anexos o en la siguiente dirección:

[Anexos\Gantt Anual.xls](#)

6.10.1 Nomenclatura del Manual de Mantenimiento Preventivo.

La siguiente es la nomenclatura utilizada en las hojas que involucran las inspecciones del Programa de Mantenimiento Preventivo:

Per : se refiere al período en el cual se efectuarán las inspecciones y éstas se dividen en:

- S: semanal
- Q: quincenal
- M: mensual
- T: trimestral
- SE: semestral
- A: anual

Fre: es la frecuencia con se deben realizar las inspecciones. Ejemplo:
Una inspección semanal tiene una frecuencia de 52 semanas al año.

Dur: es la duración estimada en minutos que durará la inspección:

Ope: este es el encargado de realizar la inspección donde:

- OP: operario
- EM: electromecánico.
- M: mecánico
- E: electricista
- S: supervisor

6.11. Elaboración de una Base de Datos

6.11.1 Introducción

El uso de una herramienta computacional, tal como una base de datos, permite al usuario organizar la información de manera automatizada, lo que hace mucho más fácil el acceso de la misma en el momento que se le requiera.

La idea de la base de datos es que sirva de apoyo en las diferentes actividades de mantenimiento como lo son :

- Llevar registros de la infraestructura(equipo y planta).
- Elaborar órdenes de trabajo.
- Tener un historial de reparaciones.
- Documentar la información referente tanto al personal de mantenimiento como de los proveedores de equipo y repuestos.

Esto debe motivar el deseo de adquirir un software, más sofisticado, para la programación de las diferentes labores mantenimiento.

6.11.2 Metodología

Para establecer la información de documentos necesarios será incluida en el diseño del programa, la secuencia mostrada en la figura 6.4.

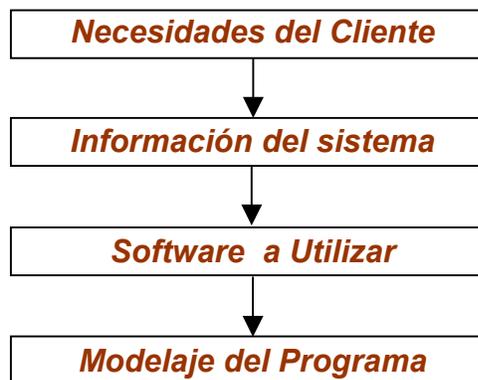


Figura 6.4. Pasos para el diseño del programa

Fuente: Analista

6.11.3. Necesidades del cliente

Las necesidades de la empresa son en un principio, el pilar que rige la forma, en como se debe estructurar la herramienta computacional seleccionada.

Este programa fue estructurado para que cumpliera con los formatos de los documentos requeridos para la norma ISO 9000 versión 2000, ya que la compañía se encuentra en un proceso de adecuación para optar por este sistema. Como todavía se está en una etapa de cambio, la base de datos fue hecha para que cumpla con las siguientes ventajas :

1. Facilitar la flexibilidad del sistema (mejoramiento o cambios a futuro).
2. Presentarla en forma sencilla para el usuario.
3. Permitir el acceso rápido de la información.
4. Autorizar el manejo de gran cantidad de datos.
5. Almacenar completamente de los documento ligados a mantenimiento según ISO 9000 versión 2000.
6. Generar los documentos requeridos por el ente auditor de ISO9000 versión 2000.

Estos requisitos son el fundamento de la base de datos, para que la misma se ajuste a las necesidades de Saret METALMECÁNICA.

6.11.4. Información del Sistema

Se trata de definir el tipo de datos que debe manejar el programa, para que la información introducida realmente se ajuste a las necesidades solicitadas.

En este caso se definió que la base de datos con los siguientes documentos:

- Órdenes de Trabajo.
- Registro de la Infraestructura.
- Historial de las Infraestructura.
- Reporte de Fallos.
- Solicitud de Paro de Máquina.

- Actividades de Mantenimiento Preventivo.
- Actividades Pendientes de mantenimiento Preventivo.
- Inventario de Repuestos.

Estos documentos fueron establecidos para que cumplan con los requisitos de ISO 9000 versión 2000.

6.11.5. Software a Utilizar

Para empezar a esquematizar los tipos de documentos deben incluirse en una base de datos, se debe tener claro la clase de software que se va a utilizar. Este debe ser de fácil acceso, amigable con el usuario y ajustado a la necesidad de la(s) persona(s) que la utilicen.

En la realización de este trabajo se usó Access 2000 que es un programa perteneciente a Microsoft Windows, ya que no representa una inversión extra para la empresa y es muy flexible tanto en la edición como la manipulación de documentos.

6.11.6. Modelaje del Programa

Los datos son alimentados por medio de tablas, porque Microsoft Access las utiliza para guardar los datos y a estas se les da una presentación persona. Se usan los formularios como el de la figura 6.5, para introducir fácilmente la información requerida.

	CodArea	CodMaquina	NombreMaquina
	AR	AS	ROBOT ARCO SUMERGIDO
	AR	RE	ROBOT ARCO SUMERGIDO
	CO	GT	GILLOTINA
	CO	MC	Mesa de Corte
	SB	SB	SANDBLASTING
	SB	CO	COMPRESOR N°2
▶			

Figura 6.5. Vista de una Tabla en Microsoft Access.

Fuente: Analista

SARET METALMECANICA	
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO	
LISTA DE MAQUINAS	
Código de Area	AF
Código de Máquina	AS
Nombre de Máquina	ROBOT ARCO SUMERGIDO

Figura 6.6. Vista de un Formulario en Microsoft Access

Fuente: Analista

Descripción de las tablas:

Tabla Código de Área: contiene la información referente al código que se le dio a las diferentes áreas dentro de la planta y sus respectivo nombre, es ligada a las demás tablas para indicar la localización de cada máquina.

Tabla Estatus: identifica el estado de la máquina a la que se le desea dar mantenimiento y es ligada la orden de trabajo.

Tabla Máquinas de Planta: es usada para incluir las máquinas que conforman el proceso de producción. Debido a se dividen las máquinas en partes, se hizo esta tabla para documentar el nombre y código de la máquina, no así la de sus partes, esto se hace en la siguiente tabla.

Tabla Infraestructura / Equipo: . Permite identificar cada parte del equipo, para generar un informe (inventario) de las máquinas y sus partes.

Tabla Servicios de Mantenimiento: es ligada con Infraestructura / Equipo, para establecer si el mantenimiento que del quipo es interno ó externo.

Tabla Mantenimientos: se liga con la tabla OT y la tabla Máquinas / Infraestructuras, para establecer el mantenimiento que se le dará a la respectiva infraestructura ya sea preventivo o correctivo.

Tabla Operarios: Permite llevar un registro personal de los empleados, únicamente del departamento de mantenimiento.

Tabla OT: se utiliza para generar y guardar las actividades de mantenimiento que debe realizar cada empleado. Así mismo la información se usa en la generación de un historial o expediente de la máquina.

Tabla Pendientes de Mantenimiento: genera informes usados para identificar las actividades de mantenimiento preventivo, que no se realizaron en la fecha estipulada y son reasignadas para otra fecha.

Tabla Registro de Paro de Máquinas: se usa para generar un reporte de paro y para realizar labores de mantenimiento preventivo a un determinado equipo.

Tabla Reporte de Fallas: se utiliza para registrar problemas, debido a eventos inesperados que entorpezcan la función normal de la máquina o alguna de sus partes. Esta contiene información como: descripción de falla, descripción de corrección de las fallas y duración. Está ligada al historial del equipo.

Tabla Solicitud de Paro: en caso de que ocurra una falla, se utiliza esta tabla para generar un documento, para solicitar el paro de la máquina por un tiempo definido, mientras se repara.

Tabla Repuestos: es ligada con la Tabla OT, y con la del Historial, para llevar un control de la cantidad de refacciones que necesita máquina durante un periodo determinado (generalmente un año).

La forma de ligar estas tablas es por medio de las relaciones que permite Access, tal como se muestra en la siguiente figura:

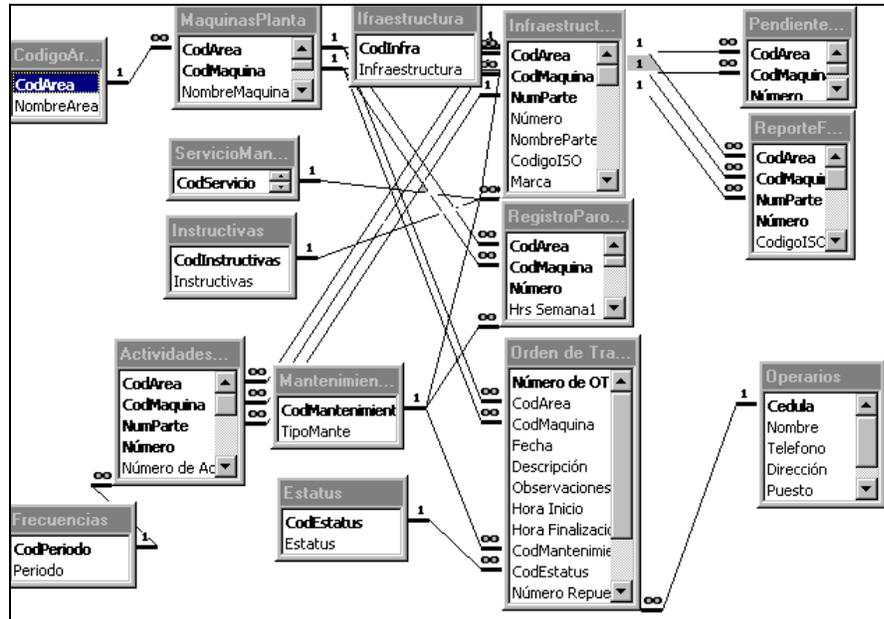


Figura 6.7. Relaciones Entre Tablas.

Fuente: Analista

Pantalla Principal:



Figura 6.8. Presentación del Programa

Fuente: Analista

La pantalla principal tiene la función de panel de control, ofrece al usuario los menús a los cuales puede acceder para registrar la información.

Orden de Trabajo:

Debido a que la orden de trabajo es un documento generado día a día se despliega de primero en el índice del programa.

SARET METAL MECANICA		ORDEN DE TRABAJO		Codigo	
				RO2.8DP	
Área:	<input type="text"/>	Numero OT	<input type="text" value="[Autonumérico]"/>		
Máquina:	<input type="text"/>	Fecha	<input type="text"/>		
Tipo Mante	<input type="text"/>	Solicitante	<input type="text"/>		
Estatus	<input type="text"/>	Aprobado	<input type="text"/>		
Descripcion Trabajo	Hora inicio	Hora Final	Tiempo Real		
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>		
Observaciones					
<input type="text"/>					
Operario					
	Número DT	Nombre	Horas		
			Ordinarias	Extras	
▶	<input type="text" value="[Autonumérico]"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	

Figura 6.9. Orden de Trabajo

Fuente: Analista

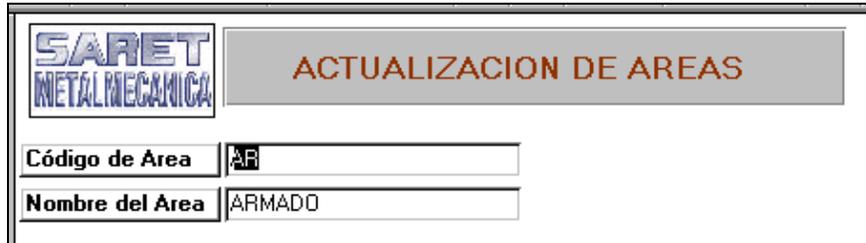
El documento permite acceder la información necesaria para elaborar el historial de la máquina por que describe las tareas de mantenimiento realizadas durante el día a un equipo específico, y liga la información al historial con el número de orden y código de máquina.

Historial de la Infraestructura o Equipo:

Gracias a las tablas de OT, áreas, máquinas en planta, infraestructura sujeta a mantenimiento, se puede generar un informe del funcionamiento de la máquina o historial de infraestructura.

Este documento es muy importante, a partir de él se generan los índices de funcionalidad del equipo.

Tablas del Historial:

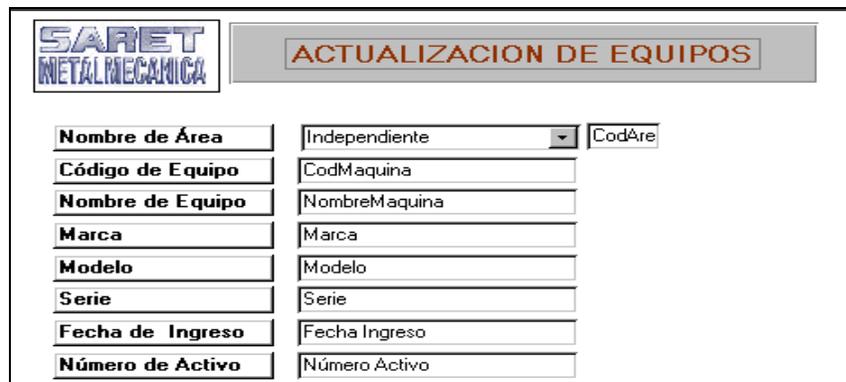


SARET METALMECANICA		ACTUALIZACION DE AREAS
Código de Área	AR	
Nombre del Área	ARMADO	

Figura6.10. Pantalla Para Actualizar Áreas

Fuente: Analista

Permite actualizar las áreas de trabajo ya sea si se necesita agregar una nueva o quitar una existente. Ayuda a ubicar la infraestructura en la planta, refiriere las inspecciones y el historial a un lugar determinado.(Ver figura 3.1)



SARET METALMECANICA		ACTUALIZACION DE EQUIPOS
Nombre de Área	Independiente	CodAre
Código de Equipo	CodMaquina	
Nombre de Equipo	NombreMaquina	
Marca	Marca	
Modelo	Modelo	
Serie	Serie	
Fecha de Ingreso	Fecha Ingreso	
Número de Activo	Número Activo	

Figura 6.11. Actualización de Infraestructura (Equipos)

Fuente: Analista

Registra los equipos en existencia, permite actualizarlos o agregar nuevos.

Lista Infraestructura		Datos del Motor		Distribuidor	
		DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO INFRAESTRUCTURA		CODIGO <input type="text"/>	
Area : <input type="text" value="CORTE"/>		Nombre de Máquina: <input type="text" value="CO"/>		Número: <input type="text" value="1"/>	
NOMBRE DE PARTE: <input type="text" value="MAX 200"/>		NUMERO DE PARTE: <input type="text" value="01"/>			
MARCA:	<input type="text" value="NIPLES"/>	Tipo de Mantenimiento	<input type="text" value="Preventivo"/>	<input type="text" value="PV"/>	
MODELO:	<input type="text" value="NF-2666"/>	Instructivas	<input type="text" value="Ambiente"/>	<input type="text" value="AM"/>	
N° ACTIVO:	<input type="text" value="8000-256"/>	Servicio de Mantenimiento	<input type="text" value="Interno"/>	<input type="text" value="IN"/>	
N° SERIE:	<input type="text" value="F0258"/>	Infraestructura	<input type="text" value="Equipo"/>	<input type="text" value="EQ"/>	
FECHA FABRICACION:	<input type="text" value="1996"/>				
FECHA DE INGRESO:	<input type="text" value="02/05/2003"/>				
PROCESOS:	<input type="text" value="FABRICACIÓN"/>				
SUB-PROCESOS:	<input type="text"/>				

Lista Infraestructura		Datos del Motor		Distribuidor	
		DATOS TECNICOS DEL MOTOR			
Marca del Motor:	<input type="text" value="MarcaMotor"/>				
Serie del Motor:	<input type="text" value="Serie"/>				
Voltaje (V):	<input type="text" value="Voltaje"/>				
Amperaje (A):	<input type="text" value="Amperaje"/>				
Frecuencia:	<input type="text" value="Frecuencia"/>				
Potencia (HP):	<input type="text" value="Potencia"/>				
Factor de Servicio:	<input type="text" value="FactorServicio"/>				
Tipo:	<input type="text" value="Tipo"/>				

Lista Infraestructura		Datos del Motor		Distribuidor	
		DATOS DEL DISTRIBUIDOR			
DISTRIBUIDOR:	<input type="text" value="Distribuidor"/>				
CONTACTO:	<input type="text" value="Contacto"/>				
TELEFONO:	<input type="text" value="Telefono"/>				
FAX:	<input type="text" value="Fax"/>				
E-MAIL:	<input type="text" value="E-mail"/>				
DIRECCIÓN:	<input type="text" value="Dirección"/>				

Figura 6.12. Pantallas Para Actualizar Partes de la Infraestructura Sujeta a Mantenimiento

Fuente:

Analista

Infraestructura sujeta a mantenimiento:

Permite agregar datos de las partes de los equipos, tal como se explicó antes., sirve al historial, especifica cuál es la parte de un equipo dado que se somete a mantenimiento.

Ver figura 6.11.

Actividades Pendientes de Mantenimiento:

Permite crear un informe sobre las labores en el mantenimiento que estén pendientes para establecer la nueva fecha de ejecución. El reporte es revisado por el gerente de producción, para establecer la siguiente fecha.

		ACTIVIDADES PENDIENTES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO		Codigo RO2.5DP	
				Número:	(Autonumérico)
Fecha de Aprobación	Fecha que Rige	Página	Versión		
		1 de 1	1		
Area:	Máquina/Código		Realizado Por:		
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Detalle de la Actividad		Fecha Programada	Fecha Nueva		
<input type="text"/>		<input type="text"/>	<input type="text"/>		

Figura 6.13. Actividades Pendientes de Mantenimiento

Fuente: Analista

Solicitud de Paro de Máquina:

Se usa para solicitar el paro de una o varias máquinas en ejecución ya sea para dar mantenimiento preventivo o correctivo. Es entregada al gerente de producción.

SARET METALMECANICA		DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		Codigo	
		SOLICITUD DE PARO DE MAQUINA		RO2.6DP	
Fecha de Aprobación	Fecha que Rige	Página	Versión		
		1 de 1	1		
Solicitante	Firma de Solicitante	Fecha de Solicitud	Tipo Mantenimiento		
			▼		
Mes Mantenimiento	Recibe	Area de Trabajo:	Número		
		▼	[Autonumérico]		
Máquina:		Código			
▼					
Hrs Semana1	Hrs Semana2	Hrs Semana3	Hrs Semana4	Total Hrs Mes	Observaciones

Figura 6.14. Solicitud de Paro de Máquina.

Fuente: Analista

Reporte de Falla:

Consiste en hacer reportes de los fallos presentados por los equipo, durante su funcionamiento, pretende obtener la adecuada retroalimentación para atacar los fallos antes de que se presenten.

SARET METALMECANICA		DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO REPORTE DE FALLAS		Codigo R02.4DP	
Fecha de Aprobación	Fecha que Rige	Página	Versión		
<input type="text"/>	<input type="text"/>	1 de 1	1		
Área	Máquina	Parte:			
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>			
Fecha:	Hora Inicio	Hora Final	Realizado Por:		
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>		
Código de Infraestructura:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Número	[Autonumérico]
Descripción de la Falla					
<input type="text"/>					
Descripción Cuasas de la Falla					
<input type="text"/>					
Descripción de Corrección de la Falla					
<input type="text"/>					

Figura 6.15. Reporte de Fallas

Fuente: Analista

Actividades de Mantenimiento:

Es usado para ingresar o actualizar las inspecciones de mantenimiento preventivo para cada equipo, designando los tiempos, frecuencias y duraciones de los trabajos para generar un informe según el período de la inspección. Este documento será usado como anexo de la documentación ISO 9000 versión 2000 de la empresa.

ACTUALIZACION DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO			
Área:	CodArea		Número
Máquina:	CodMaquina		Número
Parte:	NumParte		
Código de la Parte	CodAre	CodMa	NumPa
Frecuencia	CodFrecuencia	CodFre	
Detalle de Actividad	Duración	Duración	
Detalle de Actividad			

Figura 6.16. Actividades de Mantenimiento Preventivo

Fuente: Analista

Operarios:

Genera un control del personal de mantenimiento, es ligado con la OT para asilar los trabajos de un determinado operario.

SARET METALMECANICA		DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO OPERARIOS	
Cedula			
Nombre			
Apellidos			
Telefono			
FechaIngreso			
Puesto			
Dirección			

Figura 6.17. Registro de Personal

Fuente: Analista

CAPÍTULO VII

VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Se presentan las siguientes conclusiones:

- Un plan piloto para un PMP, se realiza en máquinas claves para el proceso productivo.
- Un PMP ayuda a disminuir los fallos en la operación del equipo.
- Se hace un PMP, para aumentar la confiabilidad del equipo.
- El historial de la máquina permitirá conocer su comportamiento conforme se lleve a cabo el mantenimiento preventivo.
- Para realizar un plan preventivo adecuado, se debe realizar un estudio técnico del equipo.
- Una evaluación de la máquina, ayuda a conocer el tipo de deterioro sufrido por la misma.
- Si se divide la máquina en partes se facilita el plantear las actividades preventivas.
- El manual de mantenimiento preventivo, ayuda a organizar las actividades correspondientes a cada parte de la máquina.
- Para planificar la fecha y duración de las inspecciones, debe haber un acuerdo entre los departamentos de mantenimiento y producción.
- Por medio de un Gant anual se planifican las inspecciones durante el año.

- El software a utilizar para la gestión de mantenimiento, debe ser flexible (abierto a cambios) y fácil de manejar por el usuario.
- Se deben conocer las necesidades del cliente, antes elegir el software a utilizar.
- Una herramienta computacional sirve como apoyo en las labores de mantenimiento, como generar diferentes registros y documentos.

RECOMENDACIONES

Se proponen las siguientes recomendaciones:

- Se debe tener un encargado responsable del Programa de Mantenimiento Preventivo, para supervisar la forma y realización de las actividades.
- Se debe fomentar una mentalidad preventiva, para que el mantenimiento preventivo tenga éxito
- Deben darse capacitaciones e incentivar al personal de mantenimiento, para que se lleve adecuadamente la labor preventiva.
- Se deben realizar todas las actividades propuestas en el plan de mantenimiento preventivo, esto significa cumplir con las fechas, tiempos establecidos e indicaciones del mismo.
- Llenar día a día los documentos, sobre todo los ligados al historial del equipo porque permitirá saber cómo está funcionando PMP.
- Es indispensable poseer un suministro de repuestos para cada uno de los equipos de la planta.
- Se debe realizar un estudio de máximos y mínimos referente a repuestos, con el fin manejar adecuadamente los recursos de mantenimiento.
- Implementarse un plan de 5S(cinco eses), para mejorar el ambiente de trabajo.

Capítulo VIII

VIII. MARCO CONCEPTUAL PROYECTO TÉCNICO

8.1. Aire Atmosférico

En el manto terrestre se distinguen tres capas: troposfera, estratosfera e ionosfera, que sumadas forman la atmósfera con una altura de 160Km. Para aplicaciones industriales el aire se toma de la capa más cercana a nosotros: la troposfera con una altura de 10Km.

La composición del aire permanece relativamente constante al menos hasta unos 20Km de altura. La densidad del aire en esta capa es de $1,293\text{kg/m}^3$. Es mal conductor del calor y la electricidad, sobre todo, si está seco.

8.2. Concepto de Ventilación

Ventilar es cambiar, renovar, extraer el aire de un recinto y sustituirlo por aire nuevo del exterior a fin de evitar su enrarecimiento, elimina el calor, el polvo, el vapor, los olores y cuanto elemento perjudicial o impurezas contenga el aire ambiental encerrado dentro del local. De no llevarse a cabo esta renovación, la respiración de los seres vivos que ocupan el local se haría dificultosa y molesta, y sería un obstáculo para las actividades normales dentro de la habitación.

8.3. Renovaciones o Cambios de Aire

La cantidad de aire necesaria para efectuar una ventilación puede depender entre otros factores de:

- a-Dimensiones u características del local
- b-Actividad a que está destinado
- c-Calor a disipar o carga térmica
- d-Granulometría de los sólidos a transportar

8.4. Maneras de Ventilar

La ventilación se puede llevar acabo de la siguiente manera:

- Extracción del aire vaciando el local.
- Impulsión del aire nuevo dentro del local.
- Extracción e impulsión reunidas en una misma instalación; la impulsión para la introducción de aire exterior y la extracción para expulsar el aire enrarecido.

El sistema de extracción de aire es probablemente el más empleado. Consiste en disponer a lo largo del local, o en lugares estratégicos, una serie de ventiladores extractores incluso se podría colocar en el techo del local a ventilar. La misión de los ventiladores consiste en aspirar el aire del interior adulterado y expulsarlo fuera de la atmósfera. Esto sucede así por que en los alrededores de la boca del ventilador se origina una depresión, la cual atrae el aire de las capas superiores del habitáculo, que esta muy vaciado y las arrastra al interior del extractor, desde donde son arrojados hacia afuera del edificio.

Lógicamente, para que exista corriente de aire a través del ventilador es necesario que en otros puntos del edificio halla huecos, por los que pueda entrar el aire en mayor cantidad, para que los extractores eliminen el volumen de aire enrarecido.

Estos huecos pueden ser ventanas, puertas o simplemente rendijas, aunque lo más acertado sería disponer de toberas para entrada de aire.

8.4. Ventilación Localizada

La extracción de impurezas por aspiración localizada es un método de ventilación eficaz. Las impurezas se recogen en su fuente, para impedir que contaminen el resto del aire del edificio, esto hace que la renovación de aire necesaria queda así reducida a un mínimo.

Las impurezas se extraen por aspiración directa o se pueden dirigir hacia la salida mediante corrientes de aire convenientemente situadas. La aspiración localizada se emplea para toda clase de industrias y para todo tipo de impureza (polvo, gas, vapores, humedad, calor).

Sistemas localizados para limpieza con chorro de Arena

La limpieza de piezas metálicas mediante un chorro de arena es un procedimiento muy utilizado en fundiciones, talleres de tratamientos térmicos y forjas. La arena es arrojada hacia la superficie que se quiere limpiar, a través de toveras y es impulsada por el aire comprimido a una presión de 3 a 5 atmósferas. Cuando las partículas de arena chocan con la superficie metálica se levanta una enorme cantidad de polvo.

Actualmente, la limpieza con chorro de arena se va reemplazando gradualmente por el chorro de granalla o el chorro de arena y agua, con ello reduce considerablemente la emisión de polvo.

La limpieza con chorro de arena se lleva a cabo en cabinas o cámaras. El aire comprimido que transporta la arena hacia la cabina ocasiona un aumento de presión y en consecuencia, si no se cuenta con un sistema de extracción, sale el polvo por las aberturas y las fugas.

En las grandes cámaras, el conducto de aspiración debe conectarse en el techo de la cámara y debe estar protegido con deflectores.

La velocidad del aire en los tramos horizontales no debe ser menor de 13m/s en ninguno de los tubos de extracción y de 15,5m/s en los tramos verticales. EL flujo de aire en las ranuras de ventilación nuca debe ser menor de 4m/s y la depresión de 2Kg/m³ a 32Kg/m³.

En vista de la rapidez con que las partículas desgastan los conductos, su revestimiento de acero debe tener como mínimo de 2 mm de espesor.

La capacidad del ventilador para la extracción, debe ser de 10 a 20% mayor que la calculada para extraer el caudal de las cámaras o cabinas, para compensar la perdidas por fugas.

El contenido de polvo del aire que se retira de las grandes cámaras cuyo trabajo continu o intermitente es de 3000-8000mg/m³ y en las pequeñas cabinas o mesas de limpieza con chorro de arena, de 5000-20000mg/m³. En estas condiciones la eficiencia de extracción no debe ser inferior a un 98% en ningún caso.

8.5. Presión, presión estática, dinámica y total

Presión: es la fuerza por unidad de superficie(área). Correspondiente a la energía por unidad de volumen de volumen de fluido y puede expresarse por la fórmula:

$$P = F/A$$

donde:

F: fuerza

A: área

Presión estática (Pe): es la porción del presión de aire movido en un ventilador en la unidad de tiempo, generalmente dado en m³/h o m³/s, independientemente de la densidad del aire.

Puede existir en un fluido en movimiento o en reposo ya que todo fluido ejerce un presión sobre las paredes del recipiente que lo contiene, ejerciéndose por igual en todas las direcciones, siendo su cuantía el cociente entre el valor de esa fuerza y la superficie que recibe su acción.

Presión dinámica (Pd): La presión dinámica de la presión dinámica es la porción de la presión del aire debida solamente al movimiento del aire. También podemos decir que equivale a la transformación íntegra de la energía cinética en energía de presión. La presión dinámica es siempre positiva y se manifiesta únicamente en sentido de la velocidad.

El movimiento del aire es dado por la diferencia de presiones que existen entre dos puntos. Por lo tanto, la velocidad del flujo depende de la resistencia que encuentre la corriente de aire. Al igual que cualquier otra cosa que se mueve, el aire ejerce una presión contra los obstáculos que encuentra a su paso y proporcional a su velocidad. Viene expresada por:

$$Pd = \frac{V^2 \gamma}{2g} (\text{kg} / \text{m}^2)$$

siendo:

γ = densidad del aire en Kg/m³ ($\gamma = 1.2$)

g = aceleración de la gravedad ($g = 9,8 \text{m/s}^2$)

V = velocidad del aire en m/s

Presión total (Pt). La presión total es la presión debida al grado de compresión del aire y a su movimiento. Es la suma algebraica de la presión dinámica y de la presión estática en un punto. Si el aire se encuentra en reposo, la presión total sería igual a la presión estática.

Fuente: Baturin, 1976

8.6. Ciclones

Los ciclones son uno de los equipos más empleados dentro de las operaciones de separación de partículas sólidas de una corriente gaseosa; además, de poder emplearse para separar sólidos de líquidos. Su éxito se debe en parte a que son equipos de una gran sencillez estructural debido a que no poseen partes móviles y apenas exigen mantenimiento.

Destaca el hecho de que, al hacer uso de fuerzas centrífugas en vez de gravitatorias, la velocidad de sedimentación de las partículas se incrementa en gran medida haciéndose más efectiva la separación.

Un separador ciclónico está compuesto básicamente por un cilindro vertical con fondo cónico, dotado de una entrada tangencial normalmente rectangular.

La corriente gaseosa cargada con las partículas sólidas se introduce tangencialmente en el recipiente cilíndrico, a velocidades de aproximadamente 15 a 25m/s, saliendo el gas limpio a través de una abertura central situada en la parte superior.

Por tanto, se observa que el modelo de flujo seguido por el gas dentro de los ciclones es el de un doble vórtice. Primero el gas realiza una espiral hacia abajo y por la zona exterior, para después ascender por la zona interior describiendo igualmente una hélice.

Las partículas de polvo, debido a su inercia, tienden a moverse hacia la periferia del equipo se alejan de la entrada del gas y se recojen en un colector situado en la base cónica.

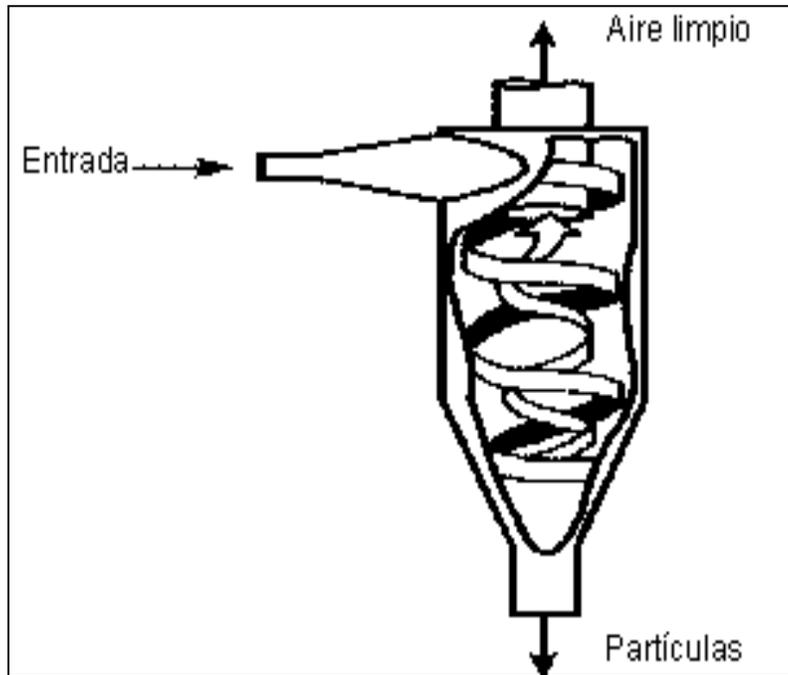


Figura 8.2. Funcionamiento de un Ciclón

Fuente: Nevers, 1998

Tipos de Ciclones

Los ciclones convencionales se pueden encontrar en una gran variedad de tamaños y la entrada al equipo puede ser rectangular o circular.

Una forma de clasificar los distintos tipos se puede efectuar atiende a la manera en que se produce la carga y la descarga del equipo y otra manera sería en función de su eficacia.

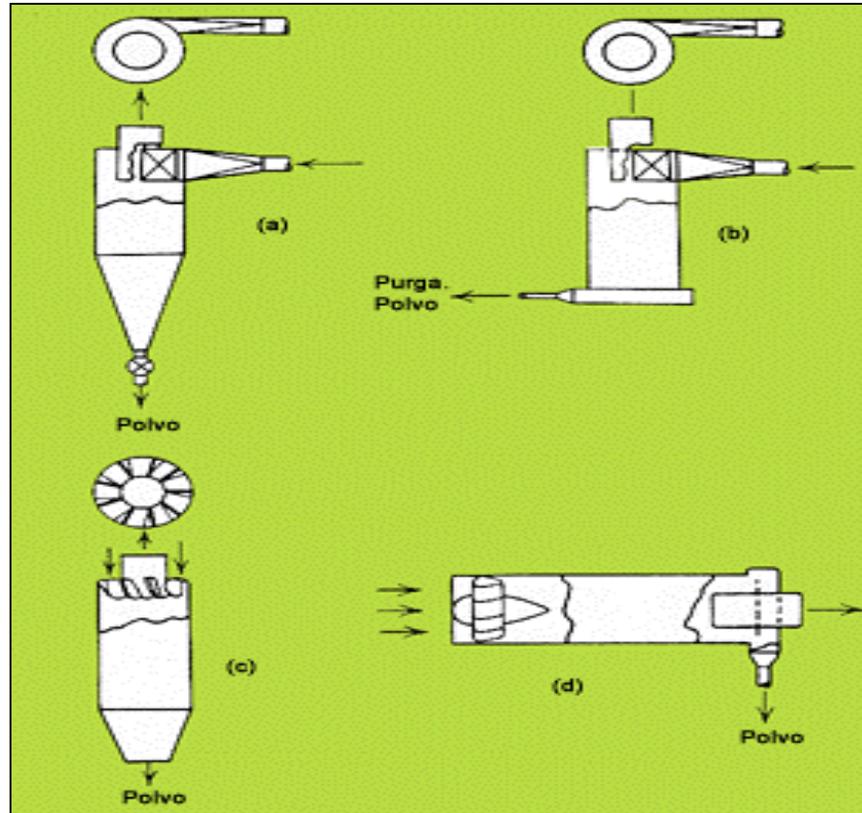


Figura 8.3. Tipos de Ciclones

Fuente: Nevers, 1998

- (a) entrada tangencial y descarga axial.
- (b) entrada tangencial y descarga periférica.
- (c) entrada y descarga axiales.
- d) entrada axial y descarga periférica.

El principio de funcionamiento, dondel se basan estos tipos de ciclones es muy similar.

- a) Los ciclones de entrada tangencial y descarga axial representan el ciclón tradicional y, aunque se pueden construir con diámetros más grandes, lo más frecuente es que estos se encuentren entre los 600 y los 915 mm.
- b) En los ciclones con entrada tangencial y descarga periférica, el gas sufre un retroceso en el interior del equipo, igualmente ocurre en un ciclón

convencional. Sin embargo, presenta el inconveniente de que el polvo no es eliminado en su totalidad de la corriente gaseosa, aunque sí se produce una concentración del mismo.

- c) En los ciclones con entrada y descarga axial la diferencia fundamental se encuentra en los diámetros que son de menores dimensiones (entre 25 y 305 mm), con lo que gracias a esta característica su eficiencia es mayor, pero su capacidad es menor.

Fuente: Nevers, 1998

8.7. Ventiladores Centrífugos

El ventilador centrífugo consiste esencialmente en una rueda o rodete provisto de una serie de álabes o paletas radiales, denominada turbina, que gira dentro del interior de una envolvente o estructura con figura espiral, llamada voluta, y ésta tiene dos bocas, una aspiración situada en el eje de la turbina y otra de impulsión, abierta tangencialmente con relación al rodete, siendo recomendados para mover caudales pequeños, pero a elevada presión.

Por la acción de la fuerza centrífuga causada por la rotación de la turbina, el fluido (aire, gas o vapor) acarreado por los alabes o paletas es despedido hacia la periferia, donde lo recoge la voluta, sección creciente en forma gradual y lo conduce al orificio de salida donde transforma parcialmente la energía cinética en energía estática o presión. El lanzamiento del fluido hacia la periferia crea en la boca de aspiración una depresión que facilita la entrada del fluido en cantidad igual a la desalojada; establece de esta manera, un caudal continuo, la suma de la depresión en la boca de aspiración y a presión en la boca de impulsión, representa la altura manométrica total ejercida por el ventilador.

El rendimiento de los ventiladores centrífugos se limita por que el aire impulsado cambia en 90°. Es decir, el flujo entra de manera axial, gira en ángulo recto a través de los alabes y se despiden en disposición radial. Esto provoca pérdidas de energía motivada por el choque y los remolinos.

8.8. Selección del Ventilador

La selección del ventilador implica que se cumpla con los requisitos de presión y caudal necesarios. También se deben conocer las condiciones de la corriente de aire, la temperatura de operación, la disposición de la transmisión y las limitaciones de montaje.

Consideraciones:

Capacidad: se define por las necesidades del sistema, se expresa en m³/s en las condiciones de presión y temperatura de entrada al ventilador.

Presión: Dada por las necesidades del sistema en términos de la presión estática o total.

Material transportado por el ventilador: Cuando el aire contiene poca cantidad de polvo se puede usar un ventilador axial o uno centrífugo de alabes rectos hacia atrás. Cuando contiene gran cantidad de polvo o humedad se debe utilizar un ventilador centrífugo de alabes rectos o alabes curvados hacia atrás.

Temperatura elevada: La temperatura máxima afecta la resistencia de los materiales; por tanto, se debe tener en cuenta, para especificar los materiales de construcción del ventilador.

Limitaciones de espacio: El tamaño del ventilador será el modelo de mejor rendimiento, sin embargo hay que tener en cuenta su ubicación y tamaño, su peso y accesos para su mantenimiento.

Disposición de la transmisión: Todos los ventiladores tienen una fuente de energía, generalmente un motor eléctrico. En unidades pequeñas el motor está ligado al ventilador. En unidades grandes es conectado por medio de un acople directo o por transmisión por correas.

Ruido: El ruido se genera por las turbulencias en el interior de la carcasa y varía de acuerdo con el ventilador. Los datos de emisión sonora deben solicitarse al fabricante.

Fuente: Rojas, J, 2000

CAPÍTULO XI

IX. DESARROLLO DEL PROYECTO DE DISEÑO:

SISTEMA ACTUAL DE EXTRACCIÓN

Para determinar si el sistema actual cumple eficientemente con la extracción del polvo generado en el proceso de limpieza de materiales, se realizó un recorrido en sitio, se observaron los elementos que forman parte del sistema e influyen directamente en su capacidad.

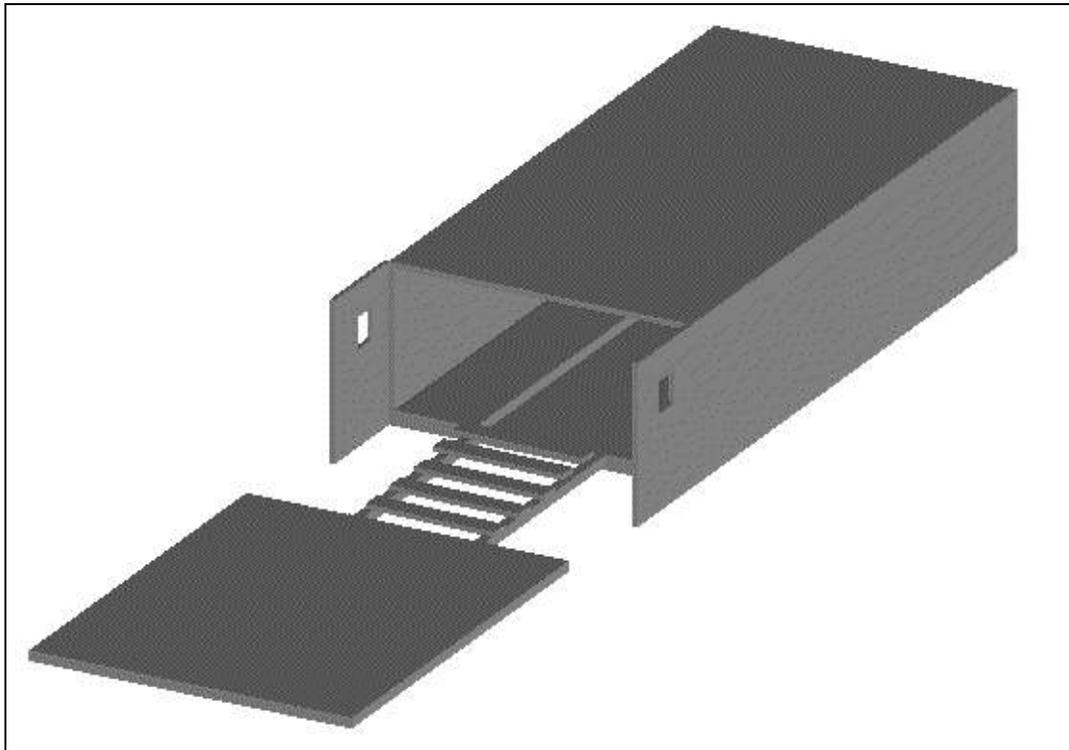


Figura 9.1. Vista General de la Cámara de Limpieza(Sandblasting)

Fuente: Analista

Las partes encontradas y su descripción se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 9.1. Elementos del Sistema de Extracción

Elemento	Ubicación	Largo(m)	Diámetro
Codo de 60°	Succión del Ventilador	-----	0,80m
Reducción N° 1	Descarga del Ventilador	-----	0,60m-0,50m
Reducción N° 2	Descarga del Ventilador	-----	0,50m-0,30m
Tramo A-B	Descarga del Ventilador	0,50	0,30m
Codo a 90°	Descarga del Ventilador	-----	0,30m
Tramo B-C	Descarga del Ventilador	7,00	0,30m

Fuente: Analista

Por otra parte se tiene el ventilador actual cuyas principales características se presentan en la tabla 9.2.

Tabla 9.2. Características del Ventilador Actual

Marca	Sukup Fans
Modelo	20-301
Potencia	20 HP
Caudal	23600 a 1200 pie³/min
Caída de Presión Estática	0 a 9 pulgadas de agua

Fuente: Catálogo del Fabricante Sukup

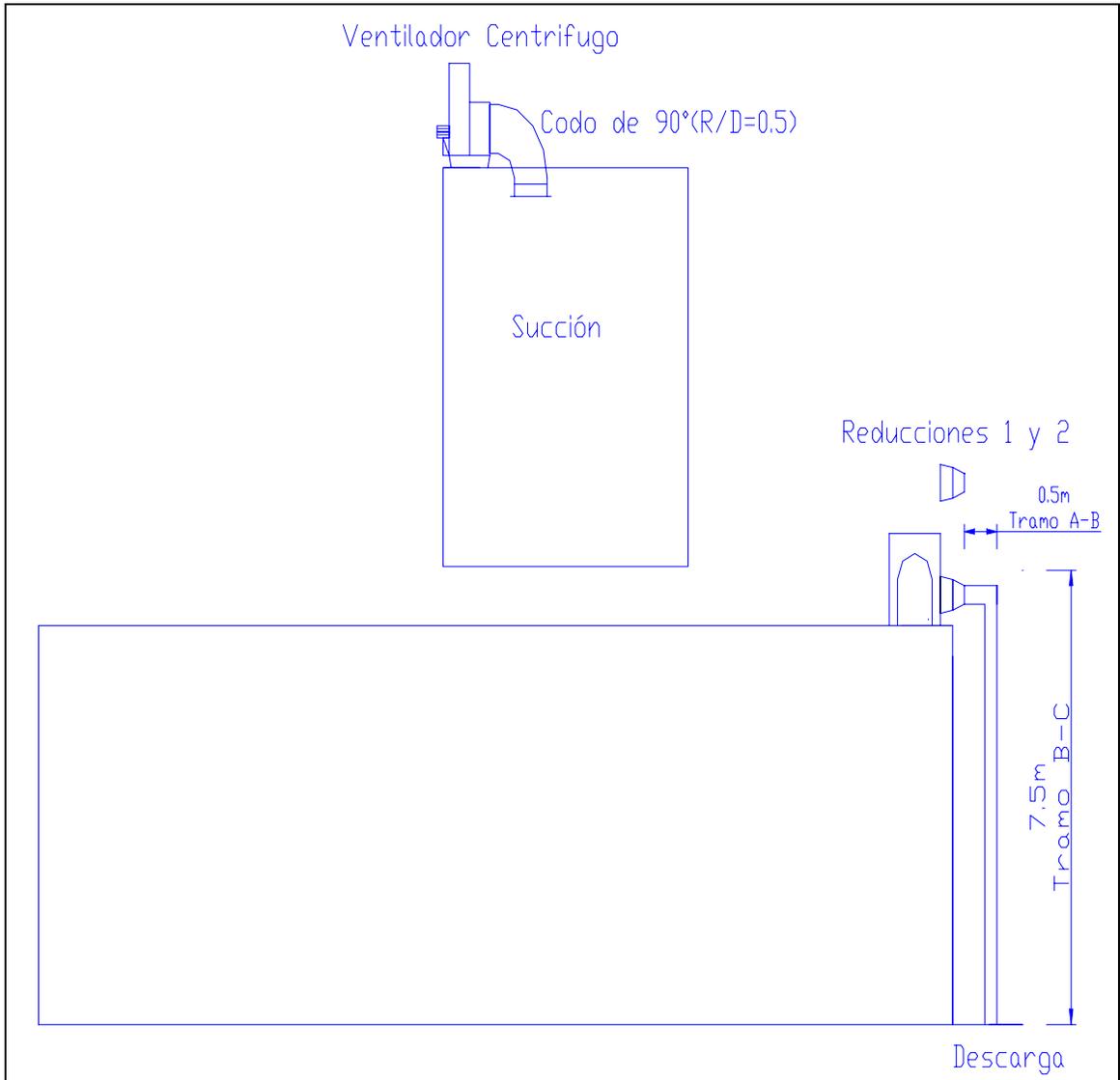


Figura 9.2. Vista del diseño Actual

Fuente: Analista

El cuarto posee dos entradas de aire del tipo persiana, ubicadas en las puertas de entrada.

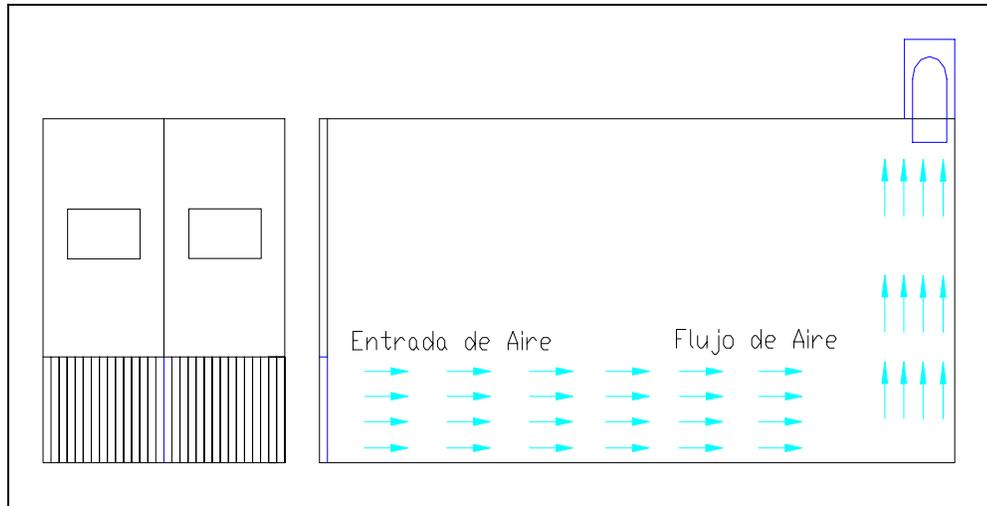


Figura9.3. Entradas de Aire

Fuente: Analista

Medición de velocidad

La medición hecha en el tramo B-C(tubería de descarga), indica la velocidad del aire en 35m/s, en este punto.

Con este dato se calcula un valor teórico del caudal que el ventilador entrega según la siguiente relación:

$$Q_t = A \times V$$

Donde

A: área del ducto en metros cuadrados.

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

D: diámetro del conducto en metros.

V: velocidad en metros entre segundo.

Da como resultado un caudal de :

$$Qt = 35 \times 0.071 = 2.5 m^3 / s$$

El equivalente para este caudal en pies cúbicos por minuto es de:

$$Qt = 5244.65 pie^3 / min$$

Propuesta de Diseño

Con la finalidad de comparar los datos anteriores, se procederá a diseñar un modelo con las características recomendadas según la literatura para un sistema de extracción en una cámara de limpieza.

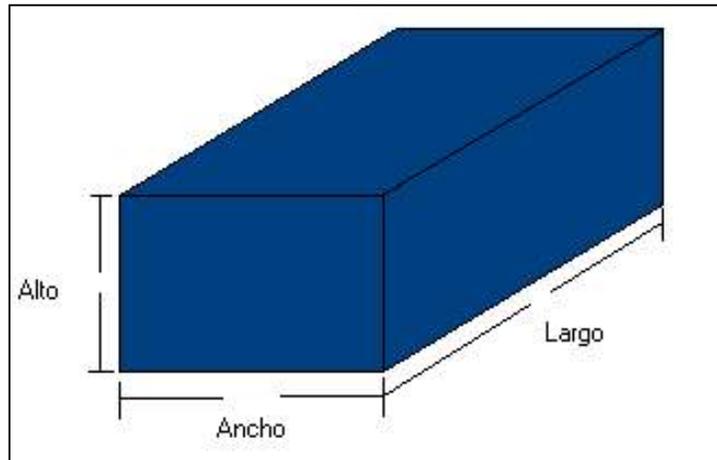
El estudio se inicia con el conocimiento de las dimensiones del cuarto, con el fin de calcular un volumen de extracción, la tabla 9.3 muestra los datos obtenidos y la figura 9.2 ilustra en detalle de las mediciones realizadas.

Se midió cada una de las dimensiones de la cámara de limpieza con el fin de calcular el volumen del local, se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 9.3. Dimensiones del Local

Descripción	Dimensiones (m)
Alto	6,50
Ancho	6,00
Largo	23,80
Volumen	928,20m³

Fuente: Analista



Fuente : Analista

Figura 9.4. Mediciones Realizadas

Renovaciones o cambios de Aire

Para fijar un parámetro de renovaciones o cambios de aire necesarios se tomó como referencia el Anexo C, donde se considera la cámara de limpieza como un ambiente de trabajo nocivo, debido a que genera polvo con partículas metálicas, y provoca una atmósfera no respirable en su interior.

Como se puede observar del anexo para este tipo de trabajos se recomiendan de 30 a 60 cambios de aire por hora.

Para el cálculo se escogen 30 cambios, como se explicó anteriormente; el objetivo consiste en tomar el sistema como parámetro de comparación. Sin embargo lo ideal es utilizar valores más altos que permitan obtener un sobre diseño y por ende que sea más eficiente la extracción.

Calculo del caudal

El método que se sigue es el siguiente:

Multiplicando el volumen del local por el número de renovaciones se obtendrá la cantidad de aire a sustituir expresado en **m³ / hora**.

De esta manera se obtiene los siguientes resultados:

$$Qt = 928.2 \cdot 30 = 27846m^3 / h$$

$$Qt = 7.74m^3 / s$$

$$Qt = 16390 pie^3 / min$$

Conductos de Distribución de Aire

La tabla 9.4 y la figura 9.5 muestran las partes del nuevo sistema.

El caudal circulante en el conducto y la velocidad de circulación están ligados por la expresión:

$$Qt = AxV$$

Para un diámetro de 0.8m la velocidad que se obtiene tanto en la succión como en la descarga sería de :

$$V = \frac{Qt}{A} = 15.50m / s$$

Según la teoría de ventilación, ésta es una velocidad aceptable para tubería extracción y transporte de las partículas abrasivas.

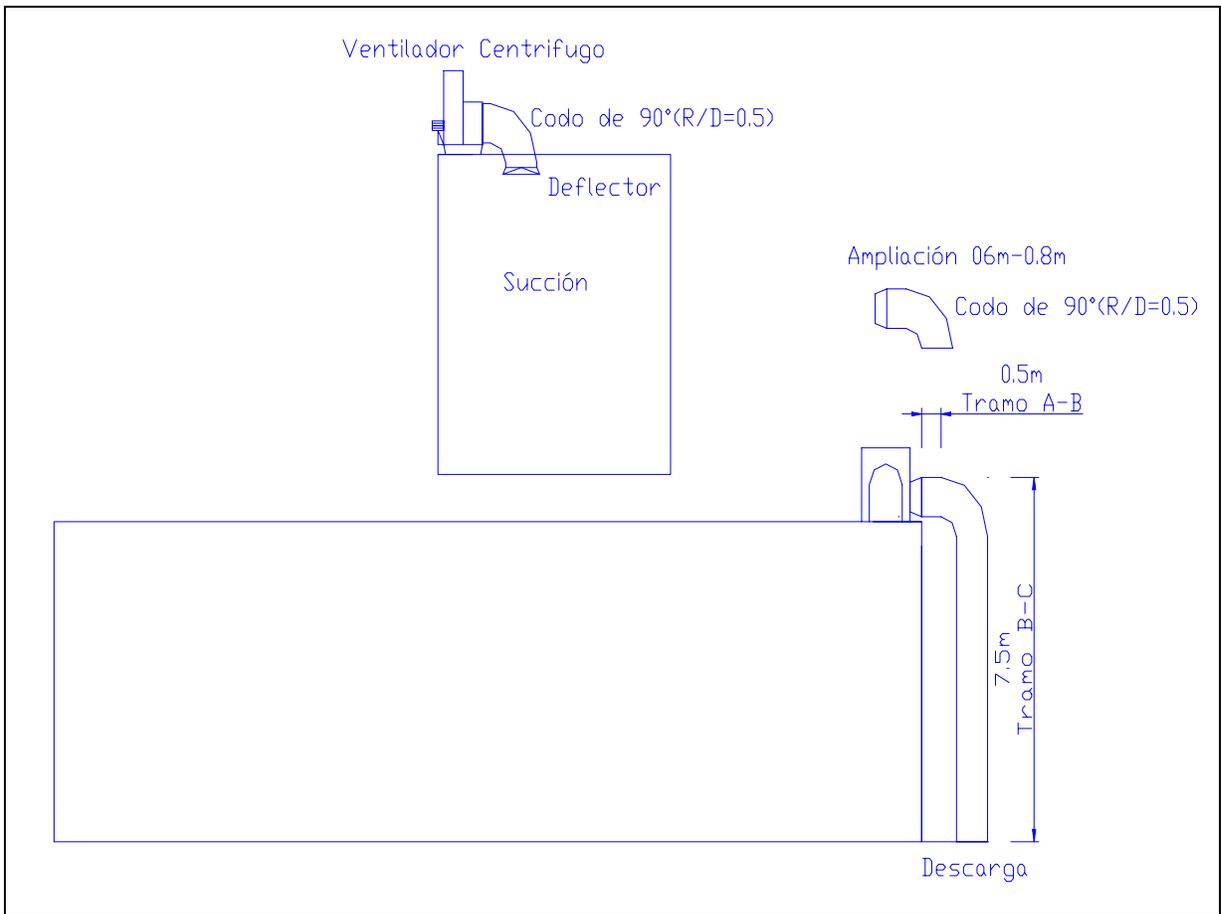


Figura 9.5. Diseño Propuesto

Fuente :Analista

Tabla 9.4. Elementos del sistema propuesto

Elemento	Ubicación	Longitud(m)	Diámetro
Codo de 90°(R/D=0.5)	Succión del Ventilador	-----	0,80m
Deflector 60°	Succión del Ventilador	-----	0,90m
Ampliación	Descarga del Ventilador	-----	0,60m-0,80m
Codo 90° (R/D=0.5)	Descarga del Ventilador	-----	0,80m
Tramo A-B	Descarga del Ventilador	0,50	0,80m
Tramo B-C	Descarga del Ventilador	7,50	0,80m

Fuente: Analista

Pérdida de carga en conductos y accesorios

Las pérdidas por carga en el sistema se estiman mediante siguiente ecuación:

$$h_f = \frac{kV^2\rho}{2} (Pa)$$

donde:

h_f = pérdida de carga.

K = factor dependiente del área o sección.

V = velocidad (m/s)

ρ = densidad del aire

En el Anexo D, vienen dados los valores de K , para diferentes tipos de conductos y accesorios.

La densidad del aire(ρ), se obtiene del Anexo. B o por la ecuación:

$$\rho = \rho_{\text{atmosférica}} / R T$$

donde:

$\rho_{\text{atmosférica}}$: es la presión atmosférica (Pa)

R : constante de los gases ideales(286.9 J/kg*K)

T : temperatura en Kelvin

La siguiente tabla muestra las pérdidas generadas por el nuevo sistema:

Tabla 9.5. Resumen de pérdidas para el diseño propuesto

Elemento	Diámetro(m)	K	Velocidad (m/s)	hf(Pa)
Codo de 90°(R/D=1)	0,80m	0,25	15,50	27,76
Deflector 60°	0,90m	0,20	15,00	26,64
Ampliación	0,60m a 0,80m	0,13	15,50	18,48
Codo 90° (R/D=1)	0,80m	0,25	15,50	27,76
Tramo A-B	0,50m	0,013	15,50	1,77
Tramo B-C	0,80m	0,187	15,50	24,97

Fuente: Analista

Selección del Ventilador (Extractor de aire)

Para seleccionar el ventilador adecuado se deben sumar todas las caídas de presión del sistema, más un 10% del total y la depresión que generada en el cuarto(24.51Pa), para obtener un sobre diseño que asegure la eficiencia en el sistema.

$$H_T = h_{f(\text{totales})} + 0.10(h_{f(\text{totales})}) = 127.4 + 0.10(127.4) + 24.51 = 164.63 Pa$$

$$H_T = 0.7 \text{ pulg } H_2O$$

$$Q_t = 16390 \text{ pie}^3 / \text{min}$$

El ventilador seleccionado bajo estas condiciones se toma del Anexo F, donde se toma la siguiente información:

Marca: Sukup Fans

Modelo:15-271

HP:15

RPM:1750

$$Q_t = 18000 \text{ pie}^3 / \text{min}$$

Caída de Presión: 1 pulgH₂O

Tipo: Acople directo

DISEÑO DE UN SISTEMA DE DEPURACIÓN DEL AIRE

Antes de iniciar los cálculos par un separador de polvo se deben conocer, las características granulométricas del sólido a transportar.

En este caso el diámetro de la partícula y su densidad son valores importantes en la selección y el diseño.

Las características de la partícula de granalla se encuentran especificadas en el Anexo D, de donde se obtuvo la siguiente información:

- Tipo de partícula: arena de hierro frío
- Densidad: 7gramos/centímetro cúbico (7000kg/m³)
- Diámetro de la partícula : 0,42mm a 0,85mm (420μ a 850μ)

Selección del depurador en función del diámetro de la partícula

Para seleccionar el equipo adecuado, se usa la siguiente gráfica, ésta permite escoger un separador basado en el diámetro de la partícula.

La gráfica del Anexo F muestra que un separador centrífugo del tipo ciclónico es adecuado, según el diámetro de la partícula.

Dimensiones del separador centrífugo (ciclón)

Las dimensiones de un ciclón están dadas por aproximaciones experimentales y ligadas al diámetro de éste. No obstante su diámetro escogió con base a la velocidad de entrada, es ésta de 15,50m/s y del caudal requerido.

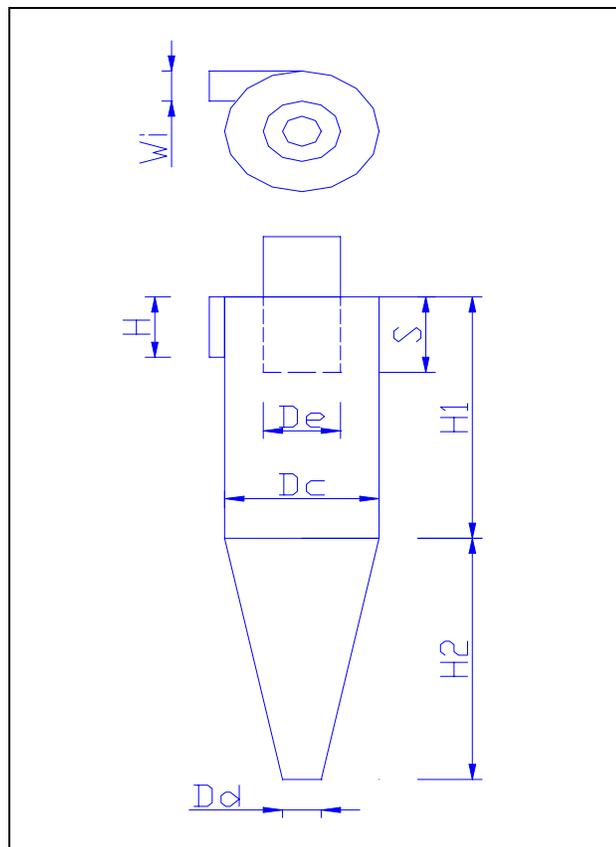


Figura 9.6. Dimensiones del Ciclón

Fuente :Analista

Se varió la longitud del diámetro para adecuar el ciclón a la distribución del sistema actual, esto lo permite porque existen curvas de caudal contra pérdidas, que se obtienen por fabricantes, donde se indica que los ciclones con igual diseño al realizado en este trabajo, pueden funcionar con semejantes o mayores caídas de presión y caudal, con un diámetro menor sin que esto afecte el funcionamiento del mismo.

$$D_c = 1.75m$$

$$H = 1m$$

$$W_i = 0.5m$$

$$H_1 = 3.5m$$

$$H_2 = 3.5m$$

$$D_e = 0.9m$$

$$S = 1.1m$$

$$D_d = 0.5m$$

Eficiencia del Ciclón

Para conocer la eficiencia del ciclón se debe conocer primero el diámetro de corte de la partícula.

Se define el diámetro de corte como el de una partícula para la cual la curva de eficiencia tiene un valor del 50%. Es decir es el menor diámetro de partícula que puede recolectar el ciclón que trabaja a la mitad de su eficiencia. Se calcula de la siguiente forma:

$$D_{corte} = \sqrt{\frac{9W_i\mu}{2\pi NVc\rho}}$$

donde:

$$W_i = 0.25D_c$$

$$\mu = \text{viscosidad del gas (aire)}$$

$$N = \text{vueltas efectivas del fluido,}$$

$$\rho = \text{densidad de la partícula}$$

$$V_c = \text{velocidad de entrada al ciclón.}$$

La formula de la eficiencia viene dada por:

$$\eta = \frac{(D / D_{corte})^2}{1 + (D / D_{corte})^2}$$

donde:

η = eficiencia del ciclón.

D = diámetro de la partícula (micras)

D_{corte} = diámetro de corte (micras)

El diámetro de corte es de 5micras aproximadamente, lo que da una eficiencia del 99.999%

Pérdida de Carga

La caída de presión en el ciclón está dada por:

$$P_{ent} - P_{sal} = K \cdot \left(\frac{\rho_g \cdot V_i^2}{2} \right)$$

Los separadores de ciclón tienen un factor de perdida "K" de más o menos 8. Es común en el diseño de acondicionamiento de aire referirse a la cantidad $(\rho V_i^2/2)$ como carga de velocidad, de modo que se puede decir que la mayor parte de los ciclones tienen caídas de presión mas o menos ocho cargas de velocidad.

En este caso la caída de presión es alrededor de 4,30 pulgadas de agua, lo que equivale a 1065Pa.

Conductos del Ciclón

Se calcula los nuevos accesorios y tramos para el montaje del ciclón se sigue el mismo procedimiento de cálculo del diseño propuesto y se obtiene posteriores resultados:

Tabla 9.6. Resumen de cálculos de los conductos del ciclón

Sección	Áreas(m²)	K	Velocidad(m/s)	h_f (Pa)
Deflector	0,50	0,06	15,50	8,53
Codo 90°	0,50	0,25	15,50	35,56
Tramo A-B	0,50	0,032	15,50	4,26
Transformación	0,50	0,60	15,50	79,92
Ciclón	0,50	8,00	15,50	1138,00
Transformación	0,50	0,60	15,50	79,92
Codo 90°	0,50	0,25	15,50	35,56
Tramo C-D	0,50	0,28	15,50	40,82
Codo 90°	0,50	0,25	15,50	35,56

Fuente: Analista

Selección del Ventilador

Fabricante: **Sukup**

Tamaño: 30 HP

Caída de Presión: 6 pulgadas de H₂O (**1493Pa**)

RPM : 1750

Caudal: 21800 pie³/min

Caudal: 10,30 m³/s

Elección de Materiales

Los conductos del sistema de extracción deben construirse de acero. En vista de la rapidez con que la arena desgasta los conductos, su revestimiento de acero debe tener como mínimo 2mm de espesor.

Los ciclones deben estar contruidos de plancha metálica de un espesor mínimo de 4mm , para evitar el rápido desgaste.

Comercialmente se recomiendan el acero AISI 304 o AISI 316

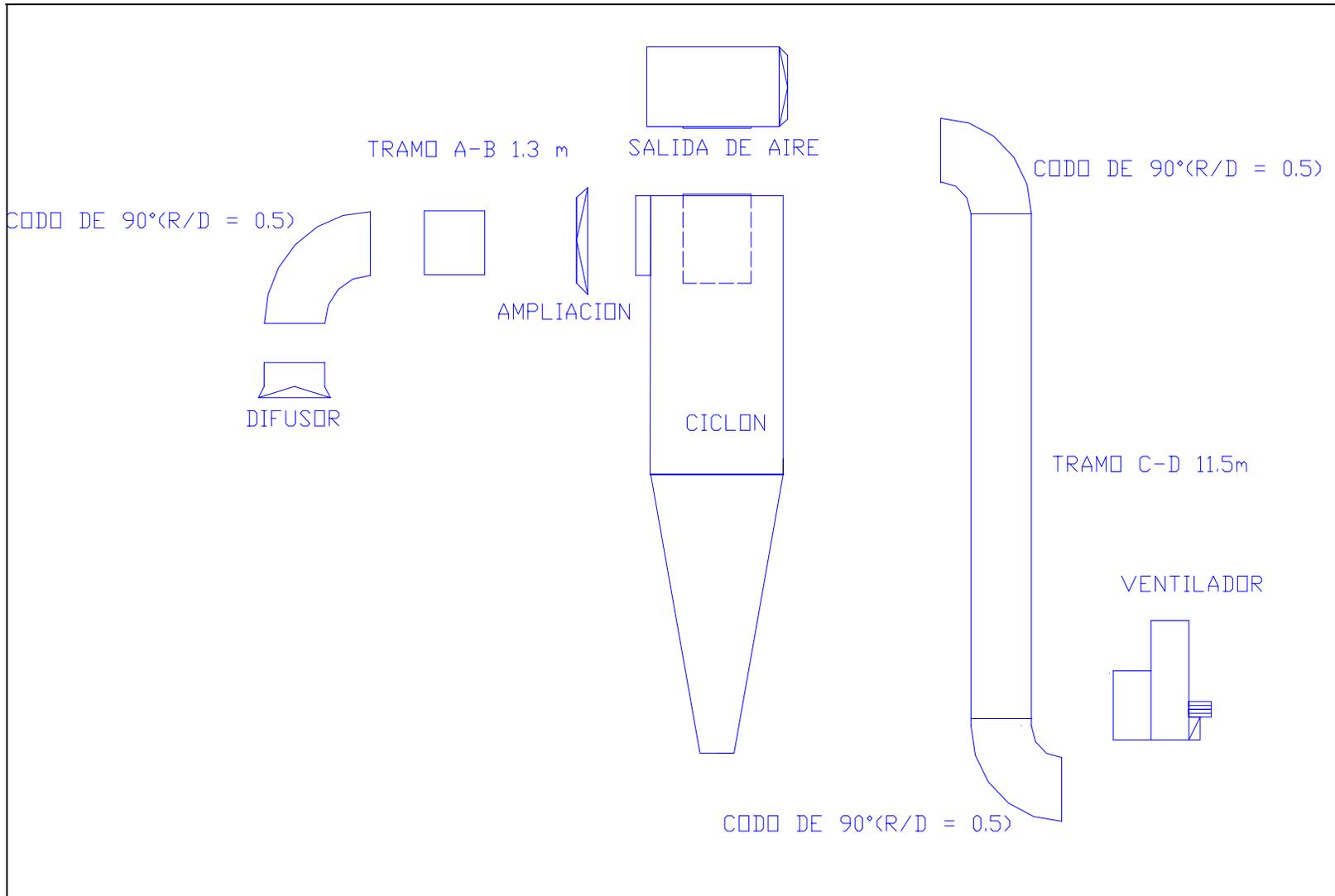


Figura 9.7. Partes del Sistema con el Ciclón

Fuente: Analista

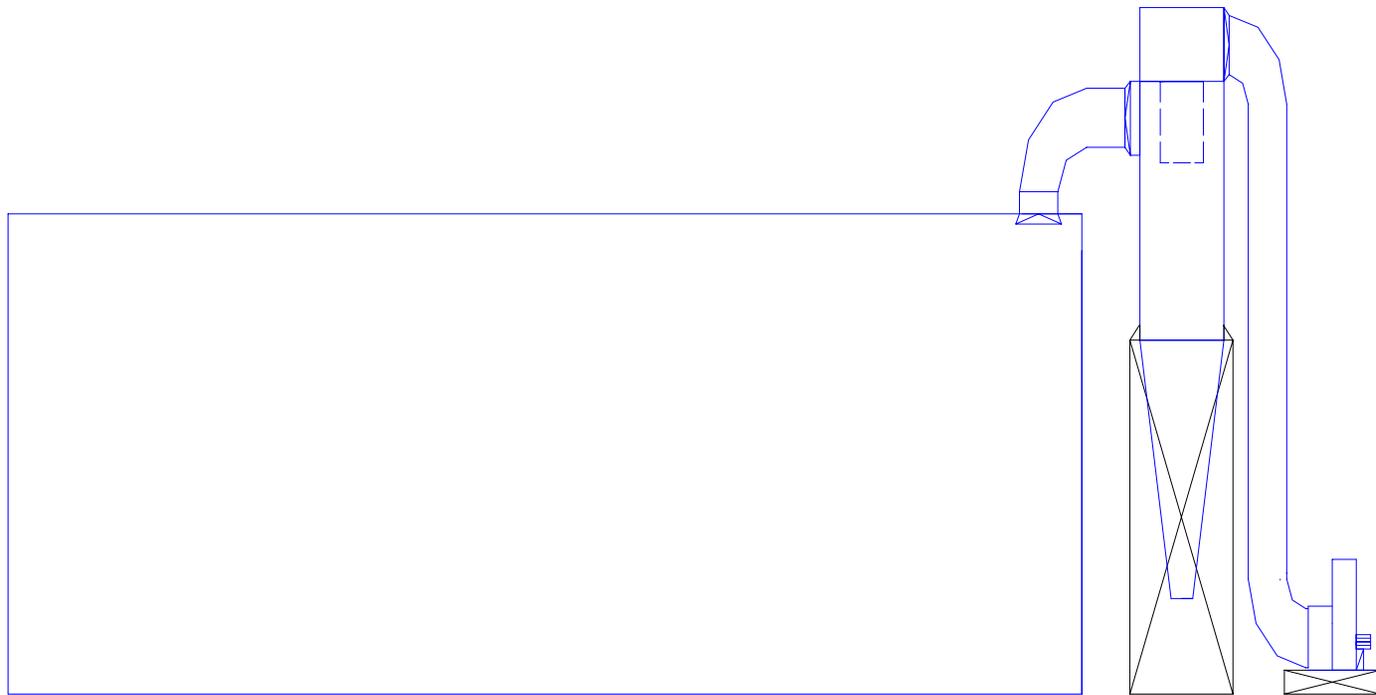


Figura 9.8. Sistema de Extracción con el Ciclón.

Fuente: Analista

Análisis de Resultados

Se analizó el sistema actual de extracción, se encontró una inadecuada instalación de conductos y accesorios.

Con la medida de velocidad en la tubería de descarga se logró determinar que las pérdidas de carga ejercidas por los conductos es excesiva, al grado de disminuir considerablemente la capacidad del ventilador de extracción y provoca la ineficiencia del sistema.

Al realizar los cálculos para una mejora del diseño actual, se encontró que las pérdidas o caídas de presión pueden disminuirse aumentando el diámetro de los conductos y disminuir la velocidad a un valor aceptable. Se verificó que el ventilador actual puede soportar estas caídas de presión y hasta entregar un mayor caudal si utiliza el nuevo sistema de extracción.

En la determinación de un sistema de separación de sólidos se obtuvo que el de tipo ciclónico es un diseño bastante eficiente. Pero provoca altas pérdidas al sistema de extracción, haciendo que la capacidad del ventilador disminuya, por lo que se debe seleccionar un extractor con mayor capacidad.

CAPÍTULO X

X. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Se da las siguientes conclusiones:

- El sistema de extracción actual tiene una inadecuada selección de conductos.
- Al disminuir el diámetro de la tubería aumenta la velocidad y las pérdidas de presión.
- Con un alto valor de pérdidas disminuye la capacidad del ventilador.
- El caudal de extracción depende de las dimensiones del cuarto y de la actividad realizada.
- Se necesita tener una depresión en el interior de la cámara para evitar la salida del polvo.
- No se debe cambiar el ventilador actual para el diseño propuesto.
- Un separador tipo ciclónico es eficiente con diámetros de partículas grandes.
- El separador de ciclón, genera altas pérdidas en el sistema.
- Para adecuar el ciclón, al sistema actual se debe calcular un ventilador extractor de mayor capacidad.

RECOMENDACIONES

Se da las siguientes recomendaciones:

- Se debe mejorar el sistema actual, cambiar los conductos y accesorios.
- Dar mayor mantenimiento al sistema, para evitar fallos en el equipo.
- Calcular el diseño propuesto con 50 cambios de aire, para sobre diseñar un poco el sistema y así obtener más seguridad y eficiencia.
- No se debe aumentar la velocidad de entrada del ciclón, pues sería necesario aumentar la capacidad del ventilador extractor.
- La succión del polvo debería realizarse en al menos dos puntos, para que la extracción sea eficiente y equitativa, y no sobrecargar un solo punto.

APÉNDICES

APÉNDICE A. MUESTRA DE CÁLCULOS

A.1. Cálculos del sistema de extracción actual

Velocidad en la tubería de la descarga: 35m/s

Caudal:

$$Q_t = A \times V$$

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi (0.3m)^2}{4} = 0.071m^2$$

$$Q_t = 35m/s \cdot 0.071m^2 = 2.5m^3/s$$

A.2. Cálculos Propuesta de diseño

- **Volumen del Local**

Dimensiones de la cámara:

Largo : 23.8m

Ancho: 6m

Altura: 6.5m

$$\text{Volumen} = 6m \times 6.5m \times 23.8m = 928.2 m^3$$

Caudal de extracción

Con un valor de 30 cambios de aire por hora se obtiene:

$$Q_t = 928.2 \times 30 = 27846m^3/h$$

$$Q_t = 27846m^3/h \times \frac{1h}{3600s} = 7.74m^3/s$$

Elementos de la distribución de aire

Para ayudar en la realización de los cálculos se hace una lista de los componentes y sus ubicaciones:

Elemento	Ubicación	Diámetro
Codo de 90° (R/D=0.5)	Succión del Ventilador	0,80m
Deflector 60°	Succión del Ventilador	0,90m
Ampliación	Descarga del Ventilador	0,60m-0,80m
Codo 90° (R/D=0.5)	Descarga del Ventilador	0,80m
Tramo A-B	Descarga del Ventilador	0,80m
Tramo B-C	Descarga del Ventilador	0,80m

Fuente : Elementos del sistema propuesto.

Valores de K para los conductos y accesorios

La estimación de los valores del factor K se hacen en base a lo descrito en el Anexo B.

a) Deflector a 60°

Diámetro de 0.8m

$$\text{Área} : (\pi D^2)/4 = 0.5 \text{ m}^2$$

$$R/D = 1$$

$$K = 0.16$$

b) Codo a 90°

Diámetro de 0.8m

$$\text{Área} : (\pi D^2)/4 = 0.5 \text{ m}^2$$

$$R/D = 1$$

$$K = 0.16$$

c) Ampliación

Diámetro: 0.6m a 0.8m

Donde:

$$\frac{d_2}{d_1} = \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = 1.33$$

Con esta relación de diámetros y áreas se selecciona un valor de k de la figura 14.8 del Anexo D.

Se obtiene un $K = 0.13$ a un ángulo de 20°

d) Codo a 90°

Diámetro de 0.8m

$$\text{Área} : (\pi D^2)/4 = 0.5 \text{ m}^2$$

$$R/D = 1$$

$$K = 0.16$$

e) Tramo A-B

Para las secciones rectas

$$K = 0.02 \times L / D$$

L: longitud (m)

D: diámetro conducto (m)

Valor de K

$$K = 0.02 \times \frac{0.5m}{0.8m} = 0.0125$$

f) Tramo B-C

$$K = 0.02 \times L / D$$

Valor de K

$$K = 0.02 \times \frac{7m}{0.8m} = 0.175$$

Cálculo de Perdidas de Carga

La pérdida en conductos se obtiene por la formula :

$$h_f (Pa) = \frac{kV^2 \rho_g}{2}$$

Donde :

V : velocidad(m/s)

ρ_g : densidad(aire)

k : coeficiente de pérdidas

Se considera una velocidad constante de 15.5m/s en todos los conductos del sistema y se estima un valor de densidad del aire 1.184kg/m³ a 25°C(Anexo A).

Ejemplo del calculo:

Codo a 90°

$$hf = \frac{0.25 \times (15.5)^2 (1.184 \text{kg} / \text{m}^3)}{2} = 35.56 \text{Pa}$$

En la siguiente tabla se muestra de los resultados para cada elemento obtenidos con la formula anterior:

Elemento	Diámetro(m)	K	Velocidad (m/s)	hf(Pa)
Codo de 90°(R/D=1)	0.80m	0.25	15.50	27.76
Deflector 60°	0.9m	0.2	15	26.64
Ampliación	0.60m-0.80m	0.13	15.50	18.48
Codo 90° (R/D=1)	0.80m	0.25	15.50	27.76
Tramo A-B	0.50m	0.0125	15.50	1.77
Tramo B-C	0.80m	0.1875	15.50	24.97

Fuente: Analista

Se suman todas la pérdidas:

$$Hf_{(Total)} = 27.76 + 26.64 + 18.48 + 27.76 + 1.77 + 24.97 = 127.4 \text{Pa}$$

$$Hf_{(Total)} = 127.40 \text{Pa} = 0.52 \text{ pulgadas de agua.}$$

Selección del Ventilador

Perdidas totales:

Depresión requerida en el cuarto: 24.51Pa

$$H_T = 127.40Pa \times 0.10 + 127.40Pa + 24.51 = 164.64Pa$$

$$H_T = 0.7 \text{ pulg } H_2O$$

Ventilador:

MARCA: Sukup Fans

MODELO: 15-271

HP:15

CAIDA DE PRESIÓN: 1pulg H₂O

CAUDAL: 18000pie³/min

Ver Anexo F.

A.2. Cálculo del Ciclón

Caudal y velocidad

$$\text{Volumen} = 6\text{m} \times 6.5\text{m} \times 23.8\text{m} = 928.2 \text{ m}^3$$

Cambios de aire : 30/hora

Caudal: $928.2 \times 30 = 27846 \text{ m}^3/\text{h}$; se divide entre 3600s y se obtiene:

$$Q_t = 7.74 \text{ m}^3/\text{s}$$

Se escoge una velocidad de **15m/s**, con el fin de disminuir las perdidas por carga.

Dimensiones del Ciclón

Propiedades de la partícula (granalla de hierro frío):

$$\text{Diámetro} = 0.42\text{mm} - 0.85\text{mm}$$

$$\text{Diámetro} = 0.00042\text{m}$$

$$\text{Densidad}(\rho_{\text{particula}}) = 7\text{g} / \text{cc} = 7000\text{kg} / \text{m}^3$$

Se usa el menor diámetro de la granalla con el fin de analizar la eficiencia del ciclón con la partícula más pequeña.

El equivalente a micras de 0.0042m es 420 μ .

Las dimensiones del ciclón dependen básicamente de su diámetro, sin embargo para el cálculo de W_i y H , se consideraron en función del caudal y la velocidad.

Área de entrada:

$$A = \frac{Qt}{V} = \frac{7.74\text{m}^3 / \text{s}}{15\text{m} / \text{s}} = 0.5\text{m}^2$$

$$H = 1\text{m}$$

$$W_i = 0.5\text{m}$$

$$H \times W_i = 0.5\text{m}^2$$

Como :

$$W_i = D_c \times 0.25$$

$$H = D_c \times 0.5$$

$$H_1 = D_c \times 2$$

$$H_2 = D_c \times 2$$

$$D_e = D_c \times 0.5$$

$$S = D_c \times 0.625$$

$$D_d = D_c \times 0.25$$

Si

$$Wi = 0.5m$$

$$Wi = Dc * 0.25$$

$$Dc = \frac{Wi}{0.25} = \frac{0.5m}{0.25} = 2m$$

El diámetro calculado es de 2m, pero se usa 1.75m este resultado se usa pues entre menor es el diámetro del ciclón su eficiencia es mayor.

Resultados

$$Dc = 1.75m$$

$$Wi = 0.5m$$

$$H = 1m$$

$$H1 = 3.5m$$

$$H2 = 3.5m$$

$$De = 0.9m$$

$$S = 1.0m$$

$$Dd = 0.5m$$

Diámetro de corte y eficiencia

$$D_{corte} = \sqrt{\frac{9Wi\mu}{2\pi N V_c \rho_{particula}}}$$

Donde:

$$Wi = 0.5m$$

Viscosidad dinámica del fluido a 25°C (**Anexo A**):

$$\mu = 1.835 \times 10^{-5} (Pa \cdot s)$$

N: número de vueltas efectivas del aire dentro del ciclón:

$$N = 5(\text{recomendado})$$

Vc = velocidad de entrada al ciclón (15m/s)

$$\text{Densidad}(\rho_{particula}) = 7g / cc = 7000kg / m^3$$

Calculo:

$$D_{corte} = \sqrt{\frac{9 \cdot (0.5m) \cdot (1.835 \times 10^{-5} Pa \cdot s)}{2\pi \cdot (5) \cdot (15.5m/s) \cdot (7000Kg/m^3)}} = 4.923 \times 10^{-6}$$

$$D_{corte} = 5 \times 10^{-6} m$$

Para pasar de metros a micras:

$$1m = 1 \times 10^6 \mu$$

$$5 \times 10^{-6} m = 5 \mu$$

Eficiencia:

$$\eta = \frac{(D / D_{corte})^2}{1 + (D / D_{corte})^2}$$

D: diámetro de la partícula.(m).

Dcorte: diámetro de corte (m).

$$\eta = \frac{(420/5)^2}{1 + (420/5)^2} = 0.999$$

Caída de Presión:

$$P_{ent} - P_{sal} = K \cdot \left(\frac{\rho_g \cdot V_i^2}{2}\right) (Pa)$$

$$K = 8$$

$$\text{Densidad del fluido}(\rho) = 1.184 \text{Kg/m}^3$$

$$\text{Velocidad} = 15.5 \text{m/s}$$

Calculo:

$$P_{ent} - P_{sal} = 8 \cdot \left(\frac{1.184 \text{Kg/m}^3 \cdot (15.5 \text{m/s})^2}{2}\right) = 1138.Pa$$

La selección del ventilador se hace en pulgadas de columna de agua, por lo que las perdidas del ciclón se deben expresar en las mismas unidades:

$$1 \text{pulH}_2\text{O} = 248.84 \text{Pa}$$

$$1065.6 \text{Pa} = 4.3 \text{pulH}_2\text{O}$$

A.3. Sistema de Extracción con el Ciclón

Caudal:

Se utiliza el caudal calculado para el diseño del ciclón

$$Q_t = 7.74 \text{ m}^3/\text{s}$$

Conductos y accesorios

Para el diseño de el nuevo sistema de extracción se utilizan los siguientes elementos:

Descripción	Ubicación
Deflector	Succión
Codo 90°	Succión
Transformación	Succión
Tramo A-B	Succión
Transformación	Succión
Ciclón	Succión
Codo 90	Succión
Tramo C-D	Succión
Codo 90	Succión

Fuente: Analista

Áreas y Diámetros de los Conductos

Elemento en la succión del ventilador:

Deflector

$$V = 15,5 \text{ m} / \text{s}$$

$$A = 0,5 \text{ m}^2$$

$$K = 0,06$$

Codos de 90° :

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi \cdot (0.8m)^2}{4} = 0.5m^2$$

$$V = \frac{Qt}{A} = \frac{7.74m^3/s}{0.5m^2} = 15.5m/s$$

Para una relación R/D = 0.5, K = 0.25

Tramo A-B

$$K = 0,02 \times \frac{L}{D} = 0,02 \times \frac{1,30m}{0.80m}$$

$$K = 0,0325$$

Transformaciones

800mm a 1000mm x 500mm

Velocidad = 15.5m/s

K = 0.6

Ciclón

Calculado en el apéndice B.

Tramo C-D

$$K = 0,02 \times \frac{L}{D} = 0,02 \times \frac{11,50m}{0.80m}$$

$$K = 0,028$$

Calculo de Pérdidas

$$h_f(Pa) = \frac{kV^2\rho}{2}$$

Cuadro de Resumen

Sección	Áreas(m ²)	K	Velocidad(m/s)	h _f (Pa)
Deflector	0,50	0,06	15,50	8,53
Codo 90°	0,50	0,25	15,50	35,56
Tramo A-B	0,50	0,032	15,50	4,26
Transformación	0,50	0,60	15,50	79,92
Ciclón	0,50	8,00	15,50	1138,00
Transformación	0,50	0,60	15,50	79,92
Codo 90°	0,50	0,25	15,50	35,56
Tramo C-D	0,50	0,28	15,50	40,82
Codo 90°	0,50	0,25	15,50	35,56

Suma de Perdidas:

$$Hf_{totales} = 8,53 + 35,56 + 4,26 + 79,92 + 1138 + 79,92 + 35,56 + 40,82 + 35,56 = 1458,13Pa$$

$$Hf_{totales} = 1458,13Pa = 5,86 \text{ pulg } H_2O$$

Selección del ventilador

Se selecciona un ventilador con 10% de sobre diseño y una depresión en el interior del cuarto de 24.51Pa.

$$hf = 1458 + 0.10(1458) + 24.51 = 1630Pa$$

$$hf = 6,55 \text{ pulg } H_2O$$

El ventilador se selecciona del anexo H.

Fabricante: **Sukup**

Tamaño: 30 HP

Caída de Presión: 7pulg de H₂O (**1741.9Pa**)

RPM : 1750

Caudal: 21800 pie³/min

Caudal: 10,3 m³/s

ANEXOS

ANEXO A. DOCUMENTOS DE MANTENIMIENTO

Accesar la siguiente dirección:

[Anexos\SaretM.mdb](#)

Fuente: Base de Datos Access 2000.

SARET
METALMECANICA

ÍNDICE

ORDENES DE TRABAJO

ACTUALIZACIONES

LLENAR REPORTES

CONSULTAS

INFORMES

SALIR

SARET
METALMECANICA

ÍNDICE

GENERAR ORDEN DE TRABAJO

REGRESAR



ÍNDICE

AREAS

ACTUALIZAR EQUIPO

INFRAESTRUCTURA SUJETA A MANTENIMIEN

ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO

OPERARIOS

REGRESAR

SARET
METALMECANICA

ÍNDICE

PARO DE MAQUINAS

REPORTE DE FALLOS

ACTIVIDADES PENDIENTES DE MANTENIMIE

REGRESAR

SARET
METALMECANICA

ÍNDICE

MAQUINAS EN PLANTA

ACTIVIDADES PREVENTIVAS

ORDNES DE TRABAJO

REGRESAR

MaquinasPlanta

22/09/2004

CodArea	CodMaquina	NombreMaquina	Marca	Modelo	Serie	Fecha Ingreso	Número Activo
AR	AS	ROBOT ARCO SUMERGID					
AR	RE	ROBOT ARCO SUMERGID					
CO	GT	GILLOTINA					
CO	MC	Mesa de Corte					
SB	CO	COMPRESOR N°2					
SB	SB	SANDBLASTING					

CONSULTACTIVIDADES PREVENTIVAS

22/09/2004

Detalle de Actividad	Duración	CodArea	CodMaquina	NumParte	Periodo	NombreArea	NombreMaquina	NombreParte	Observaciones	CodPeriodo	Número de Actividad
----------------------	----------	---------	------------	----------	---------	------------	---------------	-------------	---------------	------------	---------------------

Orden de Trabajo

Número de OT	CodArea	CodMaquina	Fecha	Descripción	Observaciones	Hora Inicio	Hora Finalización	CodMantenimie	CodEstatus	Número Repues	Descripción Re	Cantidad	Cedula
1	CO	MC	06/05/2003	Se debe realizar				PV	EE				01-976-917

ACTIVIDADES PREVENTIVAS

PENDIENTES DE MANTENIMIENTO

HISTORIAL

INFRAESTRUCTURA SUJETA A MANTENIMIE

REPORTE DE FALLOS

SOLICITUD DE PARO DE MAQUINAS

LISTA DE OPERARIOS

REGRESAR



Departamento de Mantenimiento
Actividades de Mantenimiento Preventivo

Código
A2.3DP

<i>Fecha de Aprobación</i>	<i>Fecha que Rige</i>	<i>Versión</i>
		<i>1</i>

<i>Periodo</i>	<i>Nombre de Area</i>	<i>Realizado Por :</i>	<i>Fecha de realización :</i>	<i>Recivido Por :</i>

<i>N°</i>	<i>Detalle de Actividad</i>	<i>Máquina</i>	<i>Parte</i>	<i>Código</i>	<i>Duración</i>	<i>Observaciones</i>
-----------	-----------------------------	----------------	--------------	---------------	-----------------	----------------------



*Actividades Pendientes de
Mantenimiento Preventivo*

Código

RO2.5DP

<i>Fecha de Aprobación</i>	<i>Fecha que Rige</i>	<i>Versión</i>
		<i>1</i>

Mes del Reporte

Código/Nombre de Máquina

Detalle de la Actividad

FechaProgramada

FechaNueva



Historial de la Infraestructura

Código
RO2.7DP

Fecha de Aprobación	Fecha que Rige	Versión
		1

Nombre del Área

Nombre de Máquina	N°OT	Fecha	Descripción	Hora Inici	Hora Fin	Realizó	Descripción Repuesto	Cantidad
-------------------	------	-------	-------------	------------	----------	---------	----------------------	----------

<i>Fecha de Aprobación</i>		<i>Fecha que Rige</i>				<i>Versión</i>		
						<i>1</i>		
<i>Proceso</i>	<i>Sub Proceso</i>	<i>Codigo/Descripción</i>	<i>Modelo</i>	<i>Número de Activo</i>	<i>Infraestructura</i>	<i>Tipo de Mantenimiento</i>	<i>Sevicio de Mantenimiento</i>	<i>Instructivas</i>
FABRICACIÓN		CO MC Compresor	FG-300	1789256-98	Equipo	Preventivo	Externo	Ambiente
FABRICACIÓN		CO MC MAX 200	NF-2666	8000-256	Equipo	Preventivo	Interno	Ambiente



Reporte de Fallas

Código **RO2.4DP**

<i>FechaAprobación</i>	<i>FechaRige</i>	<i>Versión</i>	<i>Número</i>
		<i>1</i>	

<i>Código de Máquina</i>	<i>Nombre de Máquina</i>	<i>NombreParte</i>

<i>Fecha</i>	<i>Duración(min)</i>	<i>Realizado Por</i>

<i>Descripción de la Falla</i>

<i>Causa de la Falla</i>

<i>Corrección de la Falla</i>

<i>Observaciones</i>



***Solicitud de Paro de
Máquina***

Código

RO2.6DP

Fecha de Aprobación

Fecha que Rige

Versión

Número

1

Solicitante

Firma de Solicitante

Fecha de Solicitud

Tipo de Mantenimineto

Mes del Mantenimiento

Nombre Recibe

Area de Trabajo

Nombre de la Máquina

Hrs Semana 1

Hrs Semana 2

Hrs Semana 3

Hrs Semana 4

Total Hrs Mes

Observaciones

Lista de Operarios de Mantenimiento

<i>Cedula</i>	01-976 -917
<i>Nombre</i>	Oscar Arce Sánchez
<i>Telefono</i>	840-08-98
<i>Puesto</i>	Asistente
<i>Fecha Ingreso</i>	03/02/2003/
<i>Dirección</i>	

200m norte Iglesia Basílica de los Angeles, Cartago.

ANEXO B. PROPIEDADES DEL AIRE

Temperatura T (°C)	Densidad ρ (kg/m ³)	Peso específico γ (N/m ³)	Viscosidad dinámica μ (Pa s)	Viscosidad cinemática ν (m ² /s)
- 40	1.514	14.85	1.51X10 ⁻⁵	9.98X10 ⁻⁶
- 30	1.452	14.24	1.56X10 ⁻⁵	1.08X10 ⁻⁵
- 20	1.394	13.67	1.62X10 ⁻⁵	1.16X10 ⁻⁵
- 10	1.341	13.15	1.67X10 ⁻⁵	1.24X10 ⁻⁵
0	1.292	12.67	1.72X10 ⁻⁵	1.33X10 ⁻⁵
10	1.247	12.23	1.77X10 ⁻⁵	1.42X10 ⁻⁵
20	1.204	11.81	1.81X10 ⁻⁵	1.51X10 ⁻⁵
30	1.164	11.42	1.86X10 ⁻⁵	1.60X10 ⁻⁵
40	1.127	11.05	1.91X10 ⁻⁵	1.69X10 ⁻⁵
60	1.092	10.71	1.95X10 ⁻⁵	1.79X10 ⁻⁵
70	1.060	10.39	1.99X10 ⁻⁵	1.89X10 ⁻⁵
80	1.029	10.09	2.04X10 ⁻⁵	1.99X10 ⁻⁵

Fuente: Mecánica de Fluidos, Mott

ANEXO C. NÚMERO DE RENOVACIONES DE AIRE POR HORA

Naturaleza del Local	Renovaciones de aire a la Hora
Ambientes Nocivos	30-60
Talleres de pintura	30-60
Talleres con Hornos	30-60
Talleres con Soldadura	30-60
Teatros	10-15
Tiendas	6-8
Tintorerías	15-20
Tren Laminador	8-10
Vestuarios en Piscinas	

Fuente: Ventilación Industrial, Carnicer

ANEXO D. CARACTERÍSTICAS DE LA PARTÍCULA

Nombre genérico:		Arena de hierro frío		
La composición típica de física y mecánico				
Densidad :		7.0 g/cc minimo		
Microestructura :		Cementita en una matriz de Martensita		
Materia extranjera :		< 1.0 %		
Materia extranjera :		< 1.0 %		
Dureza				
Rockwell :		62HRC Min.		
(Dureza Vicker: 750 HV Minimo)				
La composición típica de química				
Elemento		clase (en porcentaje)		
Carbon Total		2.5	3.0	
Silicio		1.4	1.8	
Manganeso		0.3	0.5	
Azufre		0.14	0.20	
Fósforo		0.5	1.0	
El clase típico de dimensiones:				
Clase de mostacilla		Mínimo porcentaje entre el clase de dimensión	Clase de dimensión mm	
BSS	SAE		Desde	a
G80	G10	80%	2.00	2.80
G66	G12	80%	1.70	2.36
G55	G14	80%	1.40	2.00
G47	G16	75%	1.18	1.70
G39	G18	75%	1.00	1.40
G34	G25	75%	0.85	1.18
G24	-	70%	0.60	1.00
G17	G40	70%	0.42	0.85
G12	G50	65%	0.30	0.71
G07	G80	65%	0.18	0.42
G03	G120	60%	0.12	0.30
G02	G200 / G35	>100%		0.12

Fuente: Catalogo de El Grupo Pan Abrasives

ANEXO E. VALORES DE K

[Anexos\Perdidas en los accesorios y conductos.doc](#)

Fuente: Guía Práctica de Ventilación, Woods.

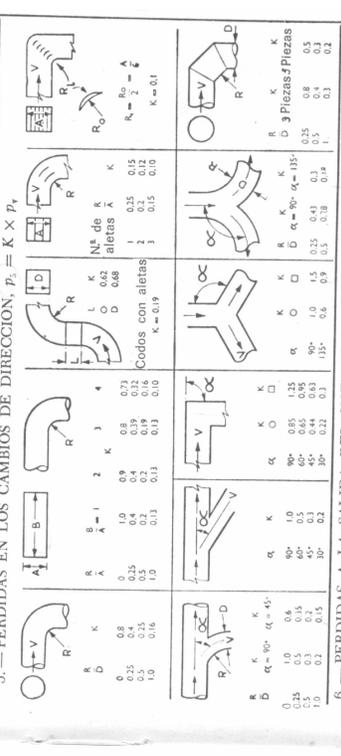
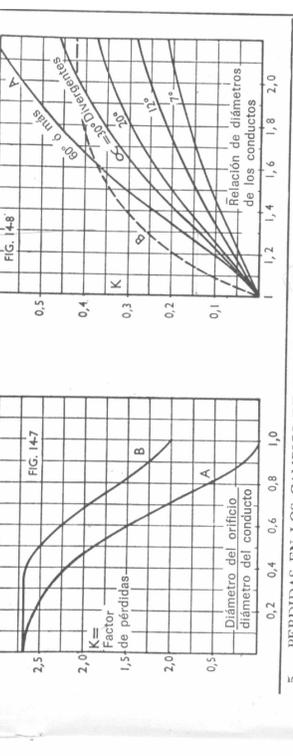
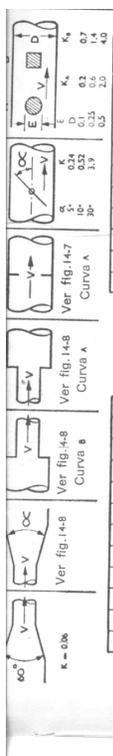
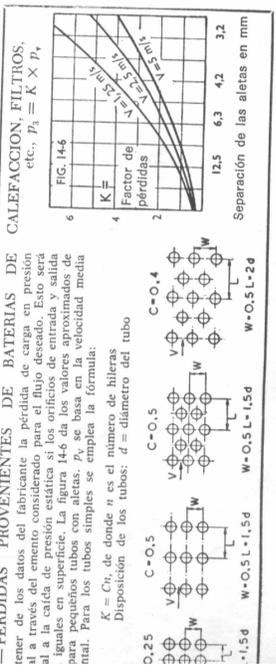
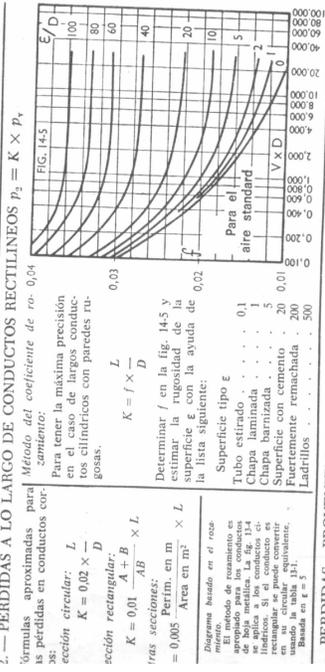
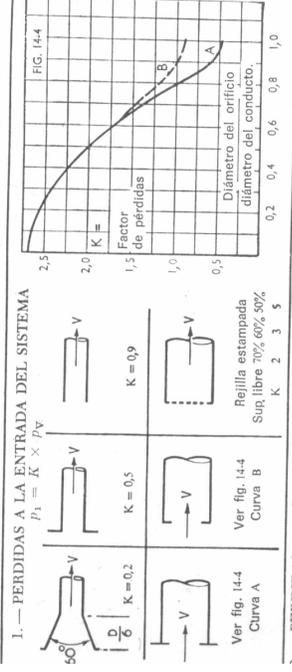
suma será igual a la presión total del elemento en el elemento. Cada elemento de las pérdidas p se da por la presión dinámica P_v y el factor K dependiente de la sección.

$P_v = K \times P_v$ (mm de agua)

P_v se calcula en función de la velocidad media V en la sección indicada por la flecha en los diagramas usando la fórmula:

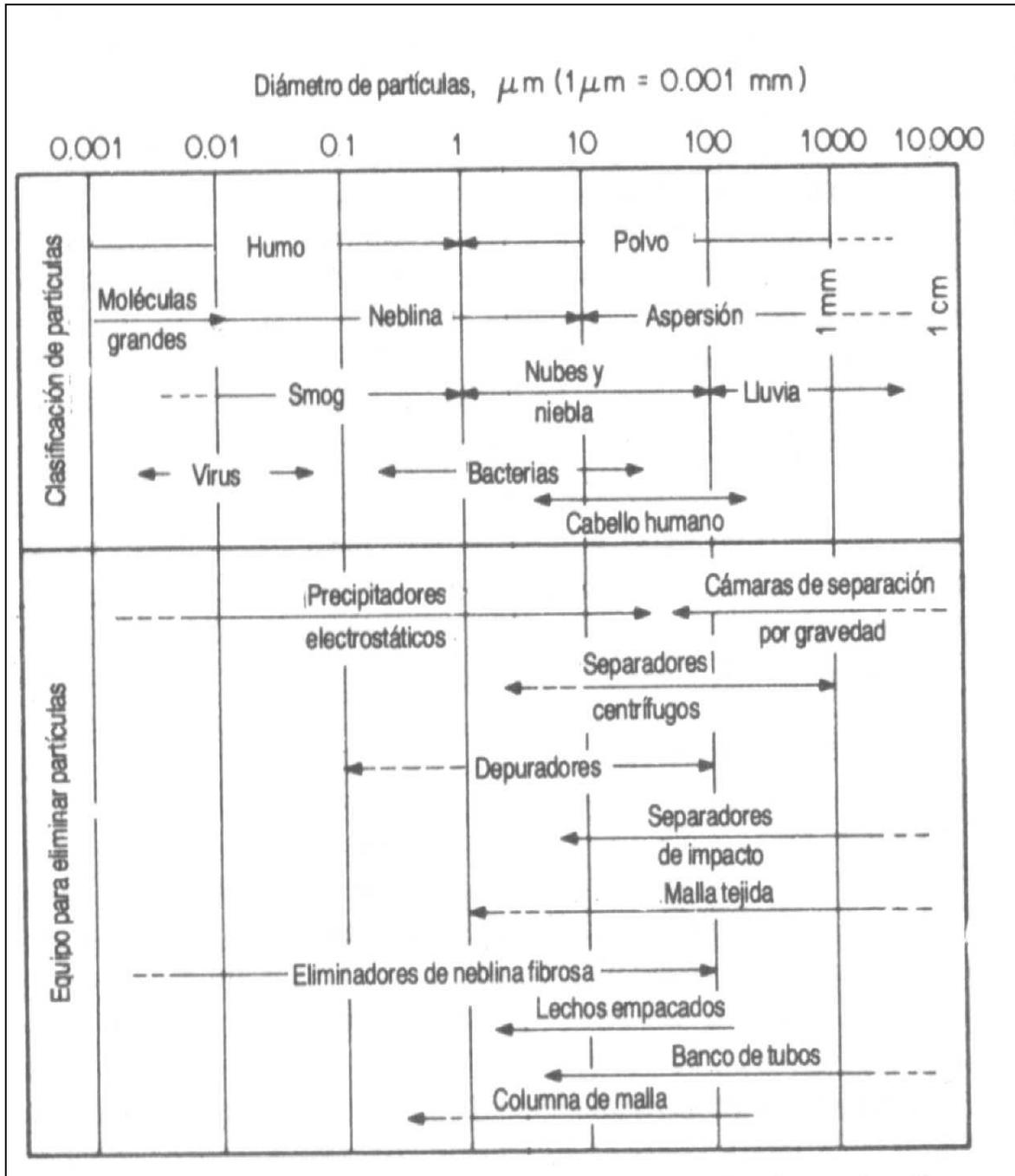
$P_v = \frac{V^2}{4.033} \times \rho$ (Peso específico del gas ρ)

Presión total del ventilador: $p = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6$



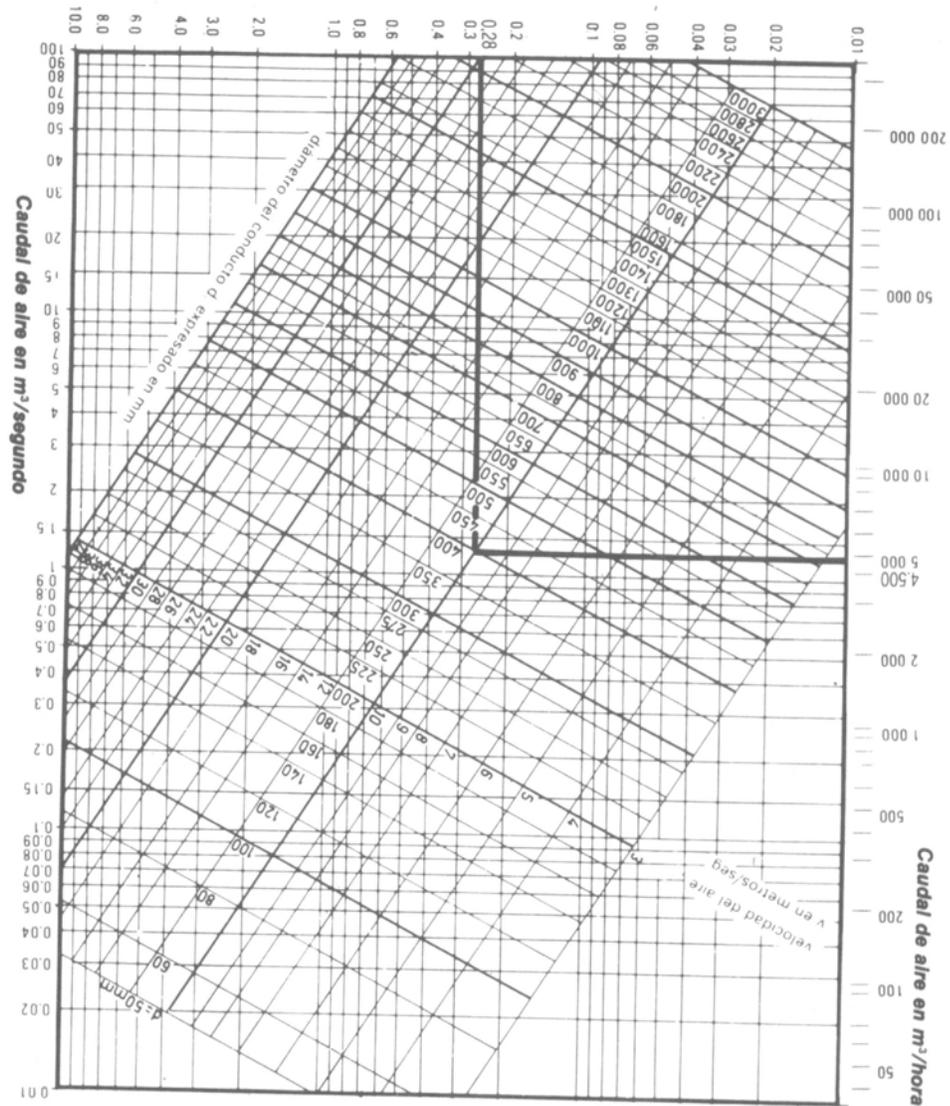
Perdidas en los accesorios y conductos

ANEXO F. SELECCIÓN DEL SEPARADOR



Fuente: Manual del Ingeniero Químico, Perry.

ANEXO G. PÉRDIDAS EN DUCTOS CIRCULARES



Fuente: Guía de Ventilación Industrial

ANEXO H. CARACTERÍSTICAS DEL VENTILADOR

[Anexos\Sukup Fan Specifications.pdf](#)

Fuente: Sukup.com

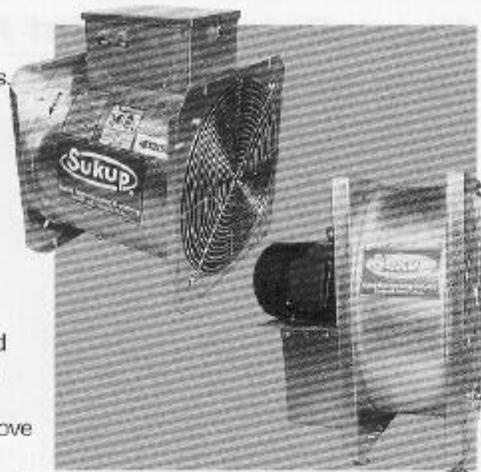
FANTASTIC Airflow!

Sukup Axial Fans

Sukup Axial Fans deliver high airflow at low cost, making them ideal for aeration systems.

Features include:

- Cast aluminum blades with close tip clearance for maximum airflow.
- Heavy-duty, totally enclosed motors (3/4 - 3 hp) provide years of dependable operation.
- Square end plates maintain accurate roundness of the housing, give uniform support all around and eliminate the need for extra legs that concentrate stress and distort the housing.
- Trantorque bushings make it easy to remove the blade.
- 12" - 18" Axial Fans can be easily mounted to push or pull air.



Sukup Centrifugal Fans

Sukup fans are #1! Compare airflows - Sukup Centrifugal Fans give you more airflow for your money.

- Centrifugal fans offer quieter operation
- Airfoil blades move air more efficiently than flat blades
- Blades are dynamically balanced for smooth, trouble-free operation
- Sizes from 3 hp to 50 hp

Sukup High Speed (3500 rpm) Centrifugal Fans are ideal for aerating deep grain depths or small grains.

- Operate at high static pressures
- Feature direct drive and totally enclosed motors for dependable operation
- Sizes from 3 hp to 60 hp

Sukup In-Line Fans

Sukup In-Line Fans combine the characteristics of a centrifugal fan with an axial housing to make an economical, practical fan for use on aeration systems.

Features include:

- Precision-balanced blades.
- Heavy-gauge, galvanized housings, provide greater strength and less air leakage.
- In-line fans are ideal for high static pressure situations, such as aerating small grains and tall bins.



AXIAL FAN AIRFLOW *(CFM)

Fan Size	Static Pressure (inches of water)									
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	
12" ¾ hp	1900	1675	1290	815	550	325	100			
12" 1 hp	2308	1963	1460	876	595	305				
14" 1 ½ hp	3132	2852	2526	2126	1511	1040	720			
18" 1 ½-2 hp	5450	4850	4250	3600	2800	2000	1500	1050		
18" 3 hp	7000	6600	6150	5575	4850	3950	3100	2400	1900	
38" 15 hp	28,000	26,000	24,000	22,300	21,800	19,000	16,500	13,500		
44" 30 hp	46,000	43,900	41,400	38,800	36,300	33,600	30,600	27,000		
Fan Size	0	1	2	3	4	5	6	7	8	
24" 5-7 hp	12,800	11,750	10,300	8600	6250	3350	1900	600		
24" 7-10 hp	15,200	13,750	12,250	10,500	7600	3900	2100	400		
28" 10-15 hp	19,050	17,300	15,600	13,600	11,100	7350	4800	2800	700	

1750 RPM CENTRIFUGAL FAN AIRFLOW *(CFM)

Fan Size	Static Pressure (inches of water)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
3 hp	5300	4500	3800	3400	3000	2600				
5 hp	9500	8900	7650	6700	6000	5000				
7 ½ hp	12,000	11,300	10,400	9400	8500	7700	6700			
10 hp	16,000	15,150	14,200	13,200	12,200	11,200	10,100	7800	3300	
15 hp	18,000	17,000	16,100	15,200	14,300	12,700	11,700	11,100	8700	
20 hp	23,600	22,800	21,750	20,650	19,600	18,500	17,200	15,800	14,500	12,000
25 hp	24,100	23,200	22,300	21,300	20,300	19,300	18,200	17,100	16,000	14,000
30 hp	24,701	23,787	22,873	21,958	21,044	20,143	19,251	18,359	17,383	16,403
30 dbl.	34,000	32,200	30,300	28,600	27,000	25,500	23,500	21,800	19,500	16,700
40 dbl.	43,400	41,400	39,300	37,300	34,600	31,800	29,100	27,200	25,000	22,200
50 dbl.	54,000	50,800	47,400	44,000	40,600	37,400	34,000	30,800	28,600	25,800

3500 RPM CENTRIFUGAL FAN AIRFLOW *(CFM)

Fan Size	Static Pressure (inches of water)												
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
3 hp	3300	2800	2400	1950	1350	900							
5 hp	4450	4050	3550	3000	2350	1550							
7 ½ hp	5050	4600	4250	3850	3400	2900	2350	1650					
10 hp	7300	6850	6350	5800	5400	4700	3950	2400					
15 hp	10,050	9500	8850	8050	7350	6350	4750	2850					
20 hp	10,800	10,350	9850	9300	8700	8150	7550	6850	6150	5200	4100		
30 hp	14,500	13,800	13,000	12,300	11,600	10,800	10,200	9400	8400	7800	6800		
40 hp	19,000	18,300	17,200	16,200	15,300	14,300	13,100	11,700	9500	9000	7800		
50 hp	22,400	21,200	20,100	19,300	18,500	17,750	16,500	15,050	14,175	12,950	11,500		
60 hp	24,000	23,300	22,600	21,500	20,800	19,500	18,800	17,750	17,000	16,000	15,400	14,500	13,400

IN-LINE CENTRIFUGAL FAN AIRFLOW *(CFM)

Fan Size	Static Pressure (inches of water)								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
1.5 hp	2500	2240	1990	1735	1430				
4.5 hp	4450	3970	3480	3060	2630	1890	1075		
5-7 hp	6370	6100	5815	5480	5150	4935	4715	4375	3935
7-10 hp	7645	7240	6830	6540	6245	5835	5440	5170	4470
10-15 hp	9440	8850	8320	7850	7450	7110	6810	6540	6260

* All Airflow rates are based on 60 hertz frequency



Sukup Manufacturing Company ■ www.sukup.com

P.O. Box 677 ■ 1555 255th Street ■ Sheffield, Iowa 50475-0677

Phone 641-892-4222 ■ FAX: 641-892-4629 ■ Email: info@sukup.com

Distribution Centers: L1123-00696

Arcola, Illinois
E. Hwy 133, 61910

Aurora, Nebraska
Hwy 34 E., 68818

Defiance, Ohio
Rte 66 North, 43512

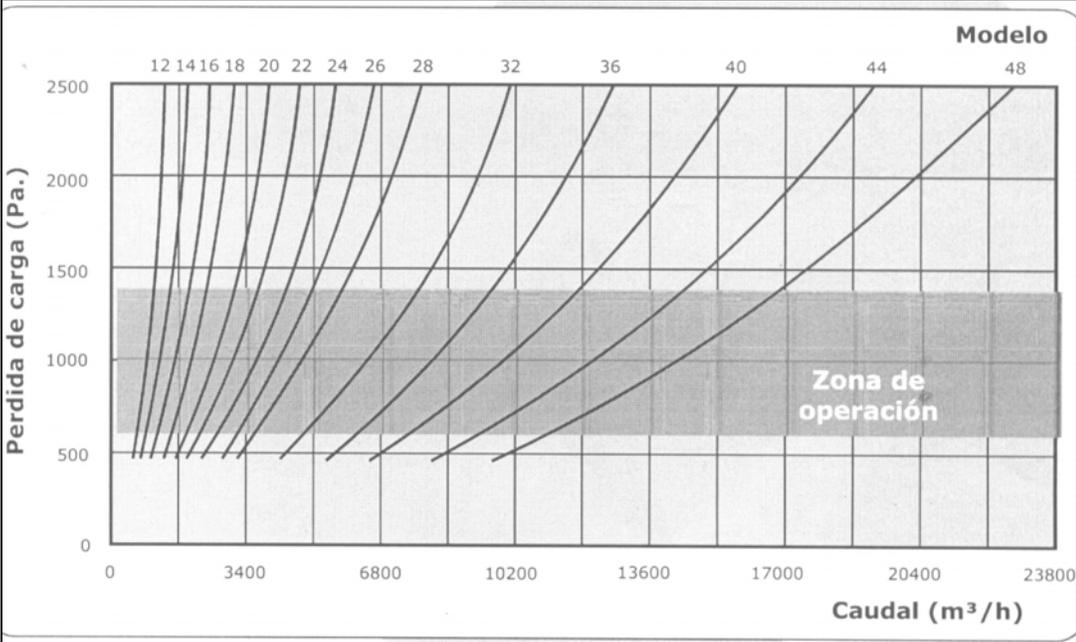
Jonesboro, Arkansas
5917 E. Johnson, 72403

Kansas City, Missouri
76055 E. 12th St., 64126

Watertown, S. Dakota
2701 Piper Ave. 57201
© Sukup Manufacturing Co.

Printed in U.S.A.

ANEXO I. CURVAS DEL CICLÓN SEGÚN FABRICANTES



Fuente: Casiva.com

BLOGRAFÍA

Carnicer, E.R. (1998) "Ventilación Industrial", Tercera Edición, Editorial Paraninfo.

Woods of Colchester. (1970) "Guía Practica de la Ventilación", Primera Edición, Editorial Blume.

Newbrough, E.T. (1976) "Administración de Mantenimiento Industrial", Segunda Edición, McGraw Hill.

Perry, R. H. (1993) "Manual del Ingeniero Químico", Tomo V, Tercera Edición en español, Editorial McGraw Hill.

Nevers, N.(1998) "Ingeniería de Control de la Contaminación del Aire", Primera Edición, Editorial McGraw Hill.

Baturin V.V.(1976) "Fundamentos de Ventilación Industrial", Primera Edición, Editorial Labor, S.A.

Massuet. V.G. (1969) "La lucha contra el polvo en la industria", Primera Edición, Ediciones Cedel.

Solórzano, E.F. (2001) "Proyectos de Graduación", Carrera Ingeniería en Mantenimiento Industrial, Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Tavares, L. (1999) "Administración Moderna de Mantenimiento", Novo Polo Publicacoes, Brasil.

Sacristán, R. F.(1975) "Gestión de Mantenimiento en Industrias y Talleres", Primera Edición, Ediciones CEAC, S.A.

Mott, R. L. (1996) “Mecánica de Fluidos”, Tercera edición, Prentice Hall, México.

Shigley, J. E. y Mischke, C. R. (1990) “Diseño en ingeniería mecánica”, Cuarta edición en español, McGraw Hill, México.

Popov, E. P. (2000) “Mecánica de sólidos”, Segunda edición, Person educación, México.

Rojas, J (2000) “ Curso Laboratorio de Turbomáquinas Ventiladores”, Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Industrial, Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Valverde, J. (2000a) “Curso Administración de Mantenimiento I”, Carrera Ingeniería en Mantenimiento Industrial, Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Valverde, J. (2000b) “Curso Diseño de Bases de Datos para Mantenimiento”, Carrera Ingeniería en Mantenimiento Industrial, Instituto Tecnológico de Costa Rica.

