

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE CUENCA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

*“Diseño de un sistema de extracción de polvo para la empresa
INSOMET (división TELARTEC, productora de telas de poli-algodón);
perteneciente al Grupo Empresarial Gerardo Ortiz Cía. Ltda.”*

*Tesis de grado previo a la obtención
del título de Ingeniero Mecánico
con Mención en Diseño de Máquinas.*

AUTORES:

JUAN PABLO NIVELÓ CHALCO

JUAN EDUARDO UGALDE PACHECO

DIRECTOR:

ING. NELSON JARA

CUENCA – ECUADOR

2011

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Juan Pablo Niveló Chalco y Juan Eduardo Ugalde Pacheco, declaramos que los conceptos desarrollados, análisis realizados, y las conclusiones del presente trabajo, son de exclusiva responsabilidad de los autores, sustentados en las respectivas referencias bibliográficas citadas en éste documento.

Cuenca, marzo 31 del 2011

Juan Pablo Niveló Ch.

Juan Eduardo Ugalde P.

CERTIFICACIÓN

El Ing. Nelson Jara, certifica haber dirigido y supervisado el desarrollo del presente trabajo de grado, realizado por los señores Juan Pablo Niveló Chalco y Juan Eduardo Ugalde Pacheco.

Ing. Nelson Jara

DIRECTOR DE TESIS

AGRADECIMIENTO

“Quedamos muy agradecidos con el Ing. Nelson Jara, Director de Tesis y Director de la Carrera de Ingeniería Mecánica, quien nos ha brindado su apoyo incondicional para el desarrollo y culmen de éste proyecto de grado”

Juan Pablo

Juan Eduardo

DEDICATORIA

“Este logro conseguido hoy, no se debe solo a mis fuerzas e intelecto, por ello dedico este trabajo a: Dios por regalarme la sabiduría necesaria, a mis queridos padres Rosa y Carlos por brindarme esa oportunidad para que día a día me pueda superar, y a mi familia amada Joaquinito, Dayannita y Mony por su apoyo total durante éste largo período de formación profesional.”

Juan Pablo.

“Después de largas jornadas de esfuerzo, es inevitable dedicar este trabajo y agradecer a las personas que apoyaron estos esfuerzos desde un principio, mi padre Eduardo, mis hermanas Alexandra y Bernarda, y mi compañera de vida Isabel; quienes a pesar de los momentos de frustración, por la larga trayectoria siempre estuvieron incentivando mi esfuerzo y trabajo, y recordándome que; quien persevera alcanza...”

Juan Eduardo.

INDICE GENERAL

| | |
|--|-------------|
| PORTADA. | <i>I</i> |
| DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD | <i>II</i> |
| CERTIFICACION | <i>III</i> |
| AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIA | <i>IV</i> |
| INDICE GENERAL | <i>VI</i> |
| INDICE GRAFICOS | <i>X</i> |
| INDICE TABLAS | <i>XIII</i> |

| | |
|--|-----------|
| INTRODUCCIÓN | <i>1</i> |
| CAPITULO I | <i>3</i> |
| DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA CONTAMINACIÓN POR RESIDUOS DE QUÍMICOS AGLUTINANTES DE TEJEDURÍA EN LA EMPRESA TELARTEC. | |
| 1.1. INFORMACIÓN TÉCNICA DE LA PLANTA Y LA EMPRESA | <i>4</i> |
| 1.1.1. Empresa Telartec y Proceso productivo. | <i>4</i> |
| 1.1.1.1. Antecedentes. | <i>4</i> |
| 1.1.1.2. Proceso Productivo. | <i>6</i> |
| 1.1.2. Planta Industrial TELARTEC. | <i>14</i> |
| 1.1.2.1 Distribución de una planta. | <i>14</i> |
| 1.1.2.2 Realidad de planta industrial Telartec. | <i>18</i> |
| 1.1.2.3 Planos y ubicación del área de trabajo. | <i>22</i> |

| | |
|--|----|
| 1.1.3. Inventario de maquinarias que intervienen en el estudio. | 26 |
| 1.2. ENCUESTAS AL PERSONAL INVOLUCRADO | 28 |
| 1.2.1. Estructuración de la encuesta modelo. | 28 |
| 1.2.2. Aplicación de las encuestas. | 31 |
| 1.2.3. Análisis y tabulación de las encuestas | 31 |
| 1.2.4. Análisis CAUSA – EFECTO de la contaminación en la empresa. | 38 |
| 1.3. MUESTREO Y ANÁLISIS DEL AIRE EN LA ZONA DE ESTUDIO | 39 |
| 1.3.1 Análisis Experimental o Empírico | 40 |
| 1.3.2 Análisis Estándar de Concentración | 43 |
| 1.3.3. Análisis y Conclusiones de los resultados obtenidos | 47 |
| <hr/> | |
| CAPITULO II. | 50 |
| ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS EN LA TEMÁTICA DE EXTRACCIÓN DE POLVOS | |
| 2.1. TIPOS Y PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO DE EXTRACCIÓN DE POLVOS. | 51 |
| 2.1.1. Proceso de extracción a través de cámaras de sedimentación. | 51 |
| 2.1.2. Proceso de extracción a través de separadores centrífugos. | 52 |
| 2.1.3. Proceso de extracción a través de colectores húmedos. | 54 |
| 2.1.4. Proceso de extracción a través de filtros de tela. | 55 |
| 2.1.5. Proceso de extracción a través de precipitadores electroestáticos. | 55 |
| 2.2. SISTEMAS DE EXTRACCIÓN DE POLVO UTILIZADOS EN LA INDUSTRIA | 56 |

| | |
|--|-----------|
| 2.2.1. PRECIPITADOR ELECTROSTÁTICO | <i>57</i> |
| 2.2.2. FILTROS DE TELA Y PAPEL (MANGAS) | <i>61</i> |
| 2.2.3. LAVADORES DE GASES | <i>62</i> |
| 2.2.4. SEPARADORES CENTRÍFUGOS | <i>66</i> |
| 2.2.5. CÁMARAS DE SEDIMENTACIÓN | <i>69</i> |
| 2.3. VENTAJAS Y DESVENTAJAS ENTRE LAS TECNOLOGÍAS | <i>70</i> |
| 2.4. SELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA MÁS IDONEA Y CONCLUSIONES | <i>75</i> |

CAPITULO III *77*

DISEÑO DEL SISTEMA PARA LA EXTRACCIÓN DE POLVOS

| | |
|--|------------|
| 3.1. PROCEDIMIENTOS ANALÍTICOS DE CÁLCULO | <i>78</i> |
| 3.1.1. Flujo volumétrico de extracción de aire contaminado | <i>78</i> |
| 3.1.2. Dimensionamiento de campanas de extracción de polvos | <i>80</i> |
| 3.1.3. Dimensionamiento de conductos y líneas de transporte | <i>86</i> |
| 3.1.4. Dimensionamiento del colector de polvo | <i>99</i> |
| 3.1.5. Selección del ventilador centrífugo | <i>104</i> |

CAPITULO IV *106*

COSTOS DE FABRICACIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO

| | |
|---|------------|
| 4.1. COSTO DE FABRICACIÓN | <i>107</i> |
| 4.2. ANÁLISIS ECONÓMICO Y RENTABILIDAD DEL SISTEMA PROPUESTO PARA CON LA EMPRESA | <i>109</i> |

| | |
|--|------------|
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | <i>117</i> |
| ANEXOS | |
| A. Macro para Iterar la Formula de Colebrook. | <i>120</i> |
| B. Coeficiente “K” Para Accesorios. | <i>122</i> |
| C. Calculo de Caída de Presión y Dimensionamiento de Tuberías | <i>126</i> |
| D. Análisis de la Red de Tuberías con el Software “PIPE FLOW EXPERT” | <i>187</i> |
| D.1. Datos de Entrada en el Software “PIPE FLOW EXPERT” | <i>189</i> |
| D.2. Resultados Proporcionados por el Software “PIPE FLOW EXPERT” | <i>208</i> |
| E. Valvular Solenoide. | <i>214</i> |
| F. Ventilador Centrífugo. | <i>218</i> |
| G. Planos y Esquemas. | <i>220</i> |
| <hr/> | |
| BIBLIOGRAFIA | <i>225</i> |

INDICE DE GRAFICOS

| | |
|---|----|
| <i>Gráfico 1.1:</i> ILUSTRACION SATELITAL DE LA PLANTA “TELARTEC.” | 5 |
| <i>Gráfico 1.2:</i> URDIDORA | 7 |
| <i>Gráfico 1.3:</i> ENGOMADORA | 8 |
| <i>Gráfico 1.4:</i> SUJECCIÓN DE HILOS EN EL TELAR | 9 |
| <i>Gráfico 1.5:</i> Guía Hilo de Telar Plano Horizontal. | 11 |
| <i>Gráfico 1.6:</i> Antepecho. | 12 |
| <i>Gráfico 1.7:</i> Guía Tela. | 12 |
| <i>Gráfico 1.8:</i> Batan; Vista Superior e Inferior. | 13 |
| <i>Gráfico 1.9:</i> Porta Lizos. | 13 |
| <i>Gráfico 1.10:</i> Sección 2 TELARTEC | 18 |
| <i>Gráfico 1.11:</i> Polvo elevándose hasta el techo | 20 |
| <i>Gráfico 1.12:</i> Polvo desprendido en el telar | 21 |
| <i>Gráfico 1.13:</i> Precipitación del polvo hacia distintas superficies | 21 |
| <i>Gráfico 1.14:</i> 3D estructura civil de la planta | 22 |
| <i>Gráfico 1.15:</i> Vista de planta de la disposición de la estructura | 23 |
| <i>Gráfico 1.16:</i> Ubicación del telar #87 | 24 |
| <i>Gráfico 1.17:</i> Distancias y disposición entre telares | 25 |
| <i>Gráfico 1.18:</i> Visualización en Excel de la información ingresada en la base de datos | 34 |
| <i>Gráfico 1.19:</i> Resultado pregunta A | 35 |
| <i>Gráfico 1.20:</i> Resultado pregunta B | 35 |
| <i>Gráfico 1.21:</i> Resultado pregunta C | 36 |
| <i>Gráfico 1.22:</i> Resultado pregunta D | 36 |
| <i>Gráfico 1.23:</i> Resultado pregunta E | 37 |
| <i>Gráfico 1.24:</i> Resultado pregunta F | 37 |
| <i>Gráfico 1.25:</i> Resultado pregunta G | 38 |

| | |
|--|----|
| <i>Gráfico 1.26:</i> Resultado pregunta H | 38 |
| <i>Gráfico 1.27:</i> Diagrama CAUSA-EFECTO de la contaminación del polvo | 39 |
| <i>Gráfico 1.28:</i> RECOLECCIÓN DEL POLVO | 41 |
| <i>Gráfico 1.29:</i> PESAJE DE CADA MUESTRA | 42 |
| <hr/> | |
| <i>Gráfico 2.1:</i> PRINCIPIO DE SEDIMENTACIÓN | 52 |
| <i>Gráfico 2.2:</i> PRINCIPIO DE CENTRIFUGACIÓN | 53 |
| <i>Gráfico 2.3:</i> PRINCIPIO DE CENTRIFUGACIÓN | 53 |
| <i>Gráfico 2.4:</i> PRINCIPIO LAVADO DE GASES | 54 |
| <i>Gráfico 2.5:</i> PRINCIPIO LAVADO DE GASES | 54 |
| <i>Gráfico 2.6:</i> PRINCIPIO FILTROS DE TELA | 55 |
| <i>Gráfico 2.7:</i> PRINCIPIO FILTROS DE TELA | 55 |
| <i>Gráfico 2.8:</i> PRINCIPIO PRECIPITACIÓN ELECTROESTÁTICA | 56 |
| <i>Gráfico 2.9:</i> PRECIPITADOR ELECTROESTÁTICO INDUSTRIAL | 57 |
| <i>Gráfico 2.10:</i> TRABAJO DE IONIZACIÓN DE PARTÍCULAS | 59 |
| <i>Gráfico 2.11:</i> PRINCIPALES PARTES DE UN PRECIPITADOR ELECTROESTÁTICO | 60 |
| <i>Gráfico 2.12:</i> FILTROS DE MANGAS | 61 |
| <i>Gráfico 2.13:</i> CAJA DE ASPERSIÓN | 63 |
| <i>Gráfico 2.14:</i> TORRES ROCIADORAS | 64 |
| <i>Gráfico 2.15:</i> Lavador Venturi con Separador Ciclónico - Tamaños 20 – 70 | 65 |
| <i>Gráfico 2.16:</i> Lavador Venturi con Separador y Eliminador de Nieblas - Tamaños 100 – 250 | 66 |
| <i>Gráfico 2.17:</i> MULTICICLÓN O MULTICENTRÍFUGO | 68 |
| <i>Gráfico 2.18:</i> CÁMARAS CILÍNDRICAS DE SEDIMENTACIÓN | 69 |
| <hr/> | |
| <i>Gráfico 3.1:</i> Cabinas de pintura | 81 |
| <i>Gráfico 3.2:</i> Snorkel-type welding hoods | 81 |

| | |
|---|-----|
| Gráfico 3.3: Instalación Típica de la campana de toldo | 83 |
| Gráfico 3.4: Distancia entre el foco de emanación y la campana de extracción | 84 |
| Gráfico 3.5: Distribución de flujo de caudales en malla de tuberías. | 88 |
| Gráfico 3.6: Estructura del Colector | 99 |
| <hr/> | |
| Gráfico 4.1: Respuestas de acuerdo al nivel Medio de rendimiento en el que los mismo trabajadores se han ubicado | 110 |
| Gráfico 4.2: Respuestas de acuerdo al nivel Alto de rendimiento en el que los mismo trabajadores se han ubicado | 111 |
| Gráfico 4.3: Respuestas de acuerdo al nivel Bajo de rendimiento en el que los mismo trabajadores se han ubicado | 112 |

INDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1.1: INVENTARIO DE ACTIVOS DEL ÁREA DE TRABAJO | 27 |
| Tabla 1.2: ENCUESTA MODELO | 30 |
| Tabla 1.3: BASE DE DATOS EN LIBRO DE EXCEL | 32 |
| Tabla 1.4-1.5: MUESTREO DE RECOLECCIÓN DE POLVO DE FABRICA TELARTEC | 40 |
| Tabla 1.6: PUNTOS DE MONITOREO | 46 |
| Tabla 1.7: RESULTADOS DEL ANÁLISIS IN SITU | 46 |
| Tabla 1.8: EFECTOS EN LA SALUD HUMANA POR EXPOSICION AL MATERIAL PARTICULADO | 48 |
| <hr/> | |
| Tabla 2.1: CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DE EQUIPOS | 57 |
| Tabla 2.2: CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LOS MATERIALES FILTRANTES | 62 |
| Tabla 2.3: VENTAJAS Y DESVENTAJAS ENTRE TECNOLOGÍAS | 74 |
| Tabla 2.4: CUADRO COMPARATIVO ENTRE TECNOLOGÍAS PARA CADA INDUSTRIA Y OPERACIÓN | 76 |
| <hr/> | |
| Tabla 3.1: VELOCIDAD EN CONDUCTOS SEGÚN CONTAMINANTES | 85 |
| Tabla 3.2: VELOCIDAD DE CAPTACIÓN EN LA CAMPANA SEGÚN CONTAMINANTES | 86 |
| Tabla 3.3 – 3.4 – 3.5: CÁLCULO DE CAUDALES PARA CADA NODO DE LA MALLA DE TUBERÍAS. | 89 |
| Tabla 3.6 – 3.7 – 3.8: CÁLCULO DE CAUDALES PARA CADA NODO DE LA MALLA DE TUBERÍAS. | 90 |
| Tabla 3.9 – 3.10 – 3.11: CÁLCULO DE CAUDALES PARA CADA NODO DE LA MALLA DE TUBERÍAS. | 91 |
| Tabla 3.12: DIÁMETROS COMERCIALES DE TUBERÍAS EN ACERO INOXIDABLE | 92 |
| Tabla 3.13: DIÁMETROS COMERCIALES DE TUBERÍAS EN ACERO INOXIDABLE | 94 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 3.14: DIMENSIONES ESTÁNDAR DE LA ESTRUCTURA DEL COLECTOR PARA MANGAS DE 2400MM (95IN) | 99 |
| Tabla 3.15: FACTORES PARA RELACIÓN GAS-TELA EN PULSE-JET | 102 |
| <hr/> | |
| Tabla 4.1: MATERIALES DIRECTOS | 108 |
| Tabla 4.2: MANO DE OBRA DIRECTA | 109 |
| Tabla 4.3: INDIRECTOS DE FABRICACIÓN | 109 |
| Tabla 4.4: RESUMEN DÍAS NO LABORADOS POR DESCANSO MÉDICO A CAUSA DEL POLVO, EN BASE A LOS AÑOS DE LABORES DE CADA TRABAJADOR (SEGÚN ENCUESTAS) | 113 |
| Tabla 4.5: APROXIMACIÓN DE DÍAS NO LABORADOS POR DESCANSO MÉDICO A CAUSA DEL POLVO EN 1 AÑO | 114 |

CAPITULO I

CAPITULO I

DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA CONTAMINACIÓN POR RESIDUOS DE QUÍMICOS AGLUTINANTES DE TEJEDURÍA EN LA EMPRESA TELARTEC.

1.2. INFORMACIÓN TÉCNICA DE LA PLANTA Y LA EMPRESA

1.1.1. Empresa Telartec y Proceso productivo

Se considera necesario e importante revisar los antecedentes que tiene la empresa como tal y la trayectoria que cumple el proceso productivo de dicha planta.

1.1.1.1. Antecedentes

INSOMET se crea en el año de 1988, es una fábrica privada del grupo Gerardo Ortiz e Hijos. INSOMET.

Está dividida en dos plantas de fabricación, una primera que corresponde a la sección INSOMET, la cual se dedica a la producción de gobelinos, tejido de punto y plumón; y una segunda sección correspondiente a TELARTEC, la cual inició sus actividades en el año de 1994.

La empresa INSOMET, conocida por la ciudadanía también como Industria De Soldaduras y Metales, está dirigida por el Ing. Jaime Sánchez, el cual desempeña la función de Gerente y jefe de planta de la sección INSOMET, y además, por el Ing. Wilson Andrade, como Jefe de planta de la división TELARTEC.

Esta última planta productora de telas, se encuentra ubicada en la ciudad de Cuenca - Ecuador, en la zona del Parque Industrial Machángara, cuya dirección es la Av. Octavio Chacón 4-54.

Para ilustrar la ubicación en la ciudad de Cuenca-Ecuador, se presenta una vista general del parque industrial Machángara en el *Gráfico 1.1*, donde se señala el lugar específico en el que se encuentra la planta TELARTEC.



Gráfico 2.1: ILUSTRACION SATELITAL DE LA PLANTA TELARTEC ¹

Dicha planta labora períodos de 24 horas al día, los 364 días del año, con un día único vacante, el 1ro de enero de cada año.

Posee un personal de aproximadamente 154 integrantes, entre personal administrativo y personal obrero.

Este personal de producción, se distribuye en tres turnos, los cuales desempeñan sus labores en jornadas de 12 horas por cuatro días consecutivos, y descansan dos días.

En una breve descripción de la organización jerárquica de la empresa, se da a conocer los departamentos y personas que la conforman:

GRUPO EMPRESARIAL GERARDO ORTIZ & HIJOS.

Propietarios de la Empresa INSOMET.

PRESIDENTE DEL GRUPO Ing. Patricio Ortiz.

GERENTE GENERAL Sr. Angel Ortiz

INSOMET:

GERENTE Ing. Jaime Sánchez.

¹ Imagen Satelital Extraída de Google-Maps. De Google Inc.®

INSOMET división TELARTEC:

JEFE DE PLANTA: Ing. Wilson Andrade.

SECRETARIA: Sra. Sonia Siavichay

SUPERVISOR GENERAL: Ing. Ángel Tinoco.

SUPERVISORES DE TURNOS:

Ing. Alex Rodríguez.

Ing. Alfonso Mogrovejo.

Ing. Andrés Quito

JEFE DE TALLER ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO: Ing Fabián Mora.

JEFE DE TALLER MECÁNICO DE TELARES: Sr. Segundo Rodríguez.

JEFE DE TALLER METAL - MECÁNICO: Sr. Jaime Ullaguari.

JEFE DE BODEGAS: Ing. Matha Hualle.

OBREROS.

En sus inicios, la planta TELARTEC poseía 46 telares Picanol del tipo lanzadera y con producciones pequeñas que abastecían en algo al mercado local.

Posteriormente, se amplía la planta en el año 2007 y al momento la empresa cuenta con 114 Telares marca Sulzer y con producciones que superan los 930.000 metros de tela mensual.

1.1.1.2. Proceso Productivo

El proceso de fabricación de tela, inicia con el ingreso de la materia prima a bodegas:

- hilo denier 24 – torsión 18 del tipo Anillo, con un aproximado de 28000kg semanales.
- hilo denier 150 – torsión 48, con un aproximado de 10000kg semanales.
- hilo denier 24 - torsión 18 del tipo Open End, con un aproximado de 36000kg semanales.

La materia prima correspondiente a hilos Open End y Anillos, son provenientes de la fábrica Hilansur, pertenecientes al mismo grupo empresarial.

El Urdido

En una primera instancia del ciclo del proceso productivo, se tiene el urdido, el cual es un paso importante en la preparación de hilos que han de formar la tela. Esta función se lleva a cabo en la maquina denominada urdidora, cuya función es reunir determinada cantidad de hilos en un solo paquete.

En verbo se puede definir que el objetivo de la urdidora es: **juntar** en un cilindro 100, 200, 300 o más hilos, en donde el producto que se entrega a la siguiente etapa se compone de un cilindro o enjulos con un metraje ya predeterminado según el telar.

En el *Gráfico 1.2*, se aprecia como dichos hilos ingresan a la sección de urdidoras la misma que consta de tres máquinas las cuales son de marca West Point y Hacoba. El hilo viene empacado y dispuesto en forma de ovillos, los cuales son montados uno a uno en la maquina urdidora, con una disposición de 297 a 300 ovillos, los cuales son enrollados en un carrete de aproximadamente 1.60m de ancho y entre 15000 y 16000 metros de longitud, en una cantidad de 9 carretes para completar un lote de producción, lo que corresponde a un peso aproximado de 2041kg de material urdido y dispuesto en carretes.



Gráfico 1.2: URDIDORA

El Engomado

El engomado de hilos, resulta ser un muy importante en el proceso productivo dado que de él depende la obtención de un buen tenor y textura en las telas producidas.

En la máquina engomadora ingresan los hilos (**Gráfico 1.3**), donde se lleva a cabo dicha operación que consiste en aplicar una película de goma para darles mayor resistencia, seguridad, elasticidad, compactación, y uniformidad en la fibra. La formación de la película debe ser continua y uniforme para sostener las fibras adheridas.

El producto más usado en el engomado es el almidón con la adición de lubricantes y otros aditivos como el agua, resinas, grasas, sales, ceras, etc.

Por ejemplo, para realizar el engomado de hilo Open End, es necesario la cocción de 7 lotes de goma, en donde cada lote está compuesto de 25kg de Alcohol Polivinílico, 60kg de Encolante (Quimasoc), y 10kg de Suavitex.



Gráfico 1.3: ENGOMADORA

Para lo que constituye la preparación del hilo Anillo, es necesario la cocción de 25kg

de Alcohol Polivinílico, 60kg de Polizac (Amtex), y 10kg de Suavitex. De igual forma, ésta preparación constituye un lote de los 7 que componen la cocción de la goma.

Una vez procesados estos hilos en la sección de engomado, forman lo que constituyen los carretes de urdido engomado con un aproximado de 5300 hilos y una longitud de entre 15000 y 16000 metros, los cuales pasan a la sección de tejeduría o telares, y se colocan en cada uno de ellos de acuerdo a la producción planificada.

El Tejido

La empresa cuenta con un total de 114 telares, los mismos que son de marca Sulzer del tipo P7100 y P7200 de proyectiles, provenientes de Zürcherstrasse - Alemania. En esta sección, los urdidos engomados, son anudados en cada uno de los telares. Para cada telar se disponen de 2 urdidos engomados, los cuales son consumidos en la

producción en un tiempo aproximado de 12 a 15 días, dependiendo de la eficiencia de la máquina.

Para colocar los enjulos engomados en los telares (*Gráfico 1.4*), se procede a pasar los extremos de los hilos de un cilindro de urdimbre a través de laminillas y de lizos distribuidos a lo largo de un marco llamado arnés, y un peine. Los hilos de una urdimbre se pasan por las laminillas, lizos, y peine, según distribución previamente establecido.

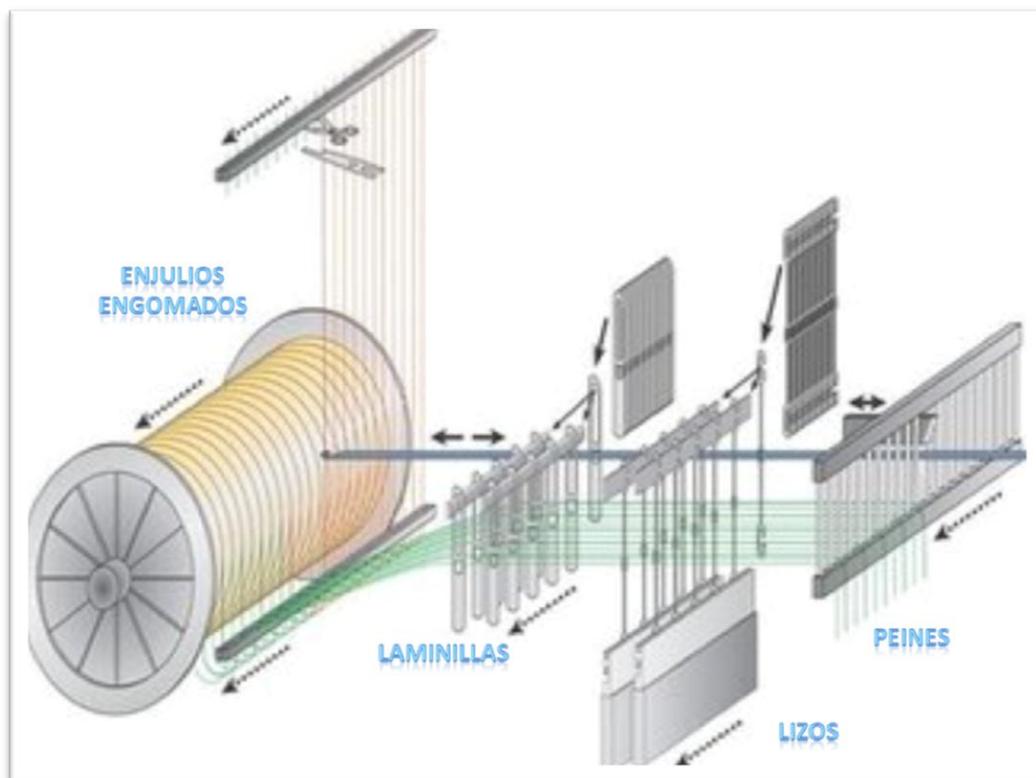


Gráfico 1.4: SUJECCIÓN DE HILOS EN EL TELAR

El Telar

La función principal de un telar es mantener los hilos de urdimbre bien tensados y ordenados para facilitar la pasada de la trama. Los hilos de la urdimbre están recogidos en dos travesaños o rulos en el que se enrolla la urdimbre no tejida y el que se pliega el tejido realizado.

“Tomando en consideración la posición de la urdimbre en los telares; se clasifican éstos en telares de urdimbre vertical y telares de urdimbre horizontal. Ambos están provistos de lizos que permiten separar instantáneamente cierto número de hilos de urdimbre diferenciando así dos capas en la urdimbre y formando una apertura, que se denomina *calada*, por donde se introduce la trama.”²

En cuanto a la planta TELARTEC, ésta, emplea únicamente telares de urdimbre horizontal, los cuales también se denominan en el mercado como “telares de tejido plano.”

Diferentes clases de calada:

Una clasificación general de los telares horizontales es aquella que se atiene al tipo de calada que puede ser de baja, de alza o de baja y alza (calada mixta).

Calada de baja:

En el telar de bajo lizo, los lizos están atados a los pedales de forma que, al pisar un pedal, baja el lizo conectado, mientras que el otro se mantiene en su posición, la calada que así se consigue es la denominada de baja.

Calada de alza:

Es la que se forma al subir uno o más lizos, tal sucede por ejemplo en los telares de pedales de mano.

Calada mixta:

Es aquella que incluye calada de alza y de baja a la vez, porque al accionar los pedales unos lizos suben y otros bajan de modo simultáneo.

Montaje y preparación del Telar

“Existen diversos tipos y modelos de telares horizontales y la complejidad de su montaje puede variar, siendo más sencillo el montaje del telar cuya estructura forma prácticamente una unidad. Lo más corriente es que el telar sea desmontable. Las diferentes piezas de que se compone un telar desmontable deben ser construidas de

² MANUAL BÁSICO DEL TELAR - Artesanos del Secano, Penciahue - Región del Maule.

tal forma que encajen bien en sus sitios para que el montaje se realice sin dificultad y, sobre todo, para que el telar, una vez montado, quede estable.”³

Las piezas más grandes del telar son los dos laterales (bancadas) que constituyen el apoyo para los plegadores y los diversos travesaños.

El guía hilo

Se encuentra por encima del plegador de hilo. Al pasar la urdimbre por un guía hilo (**Gráfico 1.5**) ésta se mantiene en un nivel constante. Si la urdimbre pasara directamente desde el plegador al tejido variaría su nivel a medida que fuera desenrollándose en el plegador.



Gráfico 1.5: Guía Hilo de Telar Plano Horizontal.

El antepecho

En la parte delantera del telar se sitúa el travesaño, denominado antepecho (**Gráfico 1.6**), sobre el que corre el tejido.

³ MANUAL BÁSICO DEL TELAR - Artesanos del Secano, Penciahue - Región del Maule.

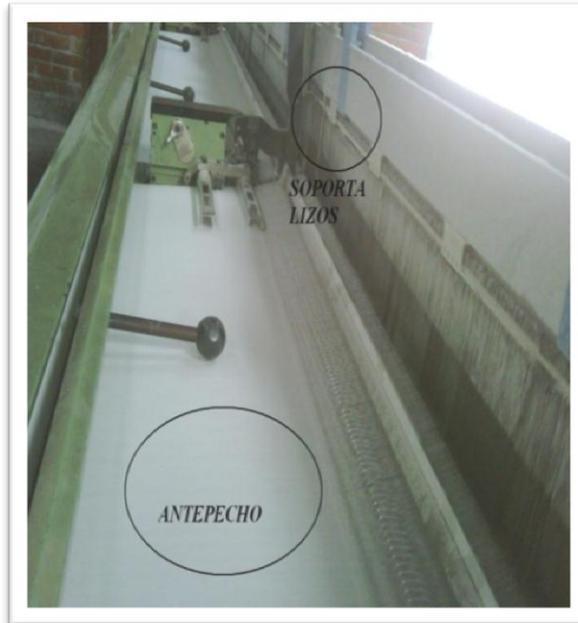


Gráfico 1.6: Antepecho.

El guátela

Se monta por encima del plegador (**Gráfico 1.7**), y sirve para que el tejedor no roce con las rodillas la tela cuando esta pasa del antepecho al plegador.



Gráfico 1.7: Guía Tela.

El batán

Se coloca montando su travesaño superior sobre las muescas adosadas a los laterales las muescas son ajustables y se fijan una vez comprobado que el batan, está paralelo al antepecho, (**Gráfico 1.8**).



Gráfico 1.8: Batán; Vista Superior e Inferior.

El soportalizo

Se denomina así al travesaño móvil que se apoya en los laterales del telar y del que se suspenden los lizos. En el telar de contramarcha penden los lizos de la misma y el travesaño soportal lizo se utiliza sólo durante el montaje de la urdimbre. (**Gráfico 1.9**).



Gráfico 1.9: Porta Lizos.

Conociendo ya lo que constituye un telar de tejido plano, horizontal, podemos decir que el tejido de este tipo de tela, es la más sencilla de realizar, ya que únicamente consiste en entrelazar hilos en sentido transversal y longitudinal, conociéndolos como trama y urdimbre respectivamente, el cual es un proceso sencillo pero al mismo tiempo, un proceso de larga duración.

Por último, una vez tejida la tela y cuando los telares han producido una cantidad considerable de esta, es necesario retirar la tela producida para que esta sea trasladada a la sección de revisión y despachos, en donde se procede a la revisión y separación de la tela de primera y segunda calidad, para posteriormente ser trasladada a la fábrica FIMITEX perteneciente al mismo grupo empresarial, en donde se procederá a teñir o estampar las respectivas telas, según las necesidades del mercado.

1.1.2. Planta Industrial TELARTEC.

Una planta industrial es un conjunto formado por máquinas, aparatos y otras instalaciones dispuestas convenientemente en edificios o lugares adecuados, cuya función es transformar materias o energías de acuerdo a un proceso básico preestablecido. La función del hombre dentro de este conjunto es la utilización racional de estos elementos, para obtener mayor rendimiento de los equipos.

1.1.2.1 Distribución de una planta⁴

La palabra Distribución se emplea aquí para indicar la disposición física de la Planta y las diversas partes de la misma. En consecuencia la distribución comprende tanto la colocación del equipo en cada departamento como la disposición de los departamentos en el emplazamiento de la Planta.

La Distribución afecta a la Organización de la planta, la velocidad con que fluye el trabajo por la unidad es uno de los factores determinantes de la supervivencia de dicha unidad por tanto el problema de la distribución de la planta es de importancia fundamentalmente para la Organización.

⁴ PLANTAS INDUSTRIALES, MÉTODOS DE INGENIERÍA INDUSTRIAL. - Luna Romero. - Venezuela.

Esta es una parte particularmente importante de la responsabilidad del gerente de producción, ya que este se encarga del equipo Industrial de la Organización, el cual en general es difícil reubicar una vez instalado.

En un sentido amplio puede distribuirse de dos maneras, ya sea tratando de satisfacer las necesidades del producto o satisfacer necesidades del proceso. Probablemente las organizaciones comienzan cuando son muy pequeñas con una distribución orientada al producto, y conforme aumentar de tamaño tienden a desviar hacia una distribución orientada al proceso, en la creencia de tal distribución permitiera hacer un mejor uso de los recursos físicos.

A continuación se detalla, algunos conceptos básicos para una correcta distribución de una planta industrial.

Flexibilidad máxima

Una buena distribución se puede modificar rápidamente para afrontar las circunstancias cambiantes. En este contexto debe prestarse particular atención a los puntos de abastecimiento, los cuales deben ser amplios y de fácil acceso.

Generalmente pueden incluirse en forma simple y barata al planear la distribución, y por no hacerlo, a menudo es imposible hacer las modificaciones indispensables en distribuciones insatisfactorias, obsoletas o inadecuadas.

Visibilidad máxima.

Todos los hombres y materiales deben ser fácilmente observables en todo momento: no debe haber escondrijos en donde puedan extraviarse los objetos. Este criterio es a veces difícil de satisfacer, particularmente se adquiere una planta ya existente.

Accesibilidad máxima.

Todos los puntos de servicio y mantenimiento deben tener acceso fácil. Por ejemplo, no debe colocarse una maquina contra una pared puesto que impediría que una pistola engrasadora acceda fácilmente a los graseros.

En tal circunstancia es probable que el mantenimiento se haga descuidadamente, o en el mejor de los casos que ocupen un tiempo excesivo.

De modo semejante si se coloca una máquina frente a una caja de fusibles, se impedirá el trabajo de los electricistas y se podría ocasionar una parada innecesaria de la máquina al abrir dicha caja.

Cuando sea imposible evitar que un punto de servicio quede obstruido, el equipo en cuestión deberá poderse mover y no deberá ser una instalación permanente.

Distancia mínima.

Todos los movimientos deben ser a la vez necesarios y directos. El manejo del trabajo incrementa el costo de éste pero no su valor; consecuentemente deben evitarse los movimientos innecesarios o circulares.

Una falla muy común es quitar el material de un banco de trabajo y llevarlo a un lugar de almacenamiento, mientras espera pasar finalmente a la siguiente estación del proceso productivo.

Este sitio intermedio de reposo con frecuencia es innecesario y no está planeado, sino que se ubica en cualquier lugar vacío que parece conveniente. Se debe cuestionar meticulosamente y evitar en lo posible los anaqueles, bancos y demás accesorios extras.

Manejo mínimo.

Lo óptimo es el manejo nulo pero cuando es inevitable debe reducirse a lo mínimo, usando transportadores, montacargas, toboganes o rampas, cabrias y carretillas.

El material que se este trabajando debe mantenerse a la altura del trabajo, y nunca colocarse en el piso si ha de tener que levantarse después.

Incomodidad mínima.

Las corrientes de aire, la iluminación deficiente, la luz solar excesiva, el calor, el ruido, las vibraciones y los olores deben reducirse al mínimo y de ser posible se deben eliminar.

Las incomodidades aparentemente triviales, generan a menudo dificultades considerables.

La atención dedicada a la iluminación, a la decoración y mobiliario en general puede ser provechosa sin ser costosas.

Seguridad Inherente.

Toda distribución debe ser inherentemente segura y ninguna persona debe estar expuesta al peligro.

Debe tenerse cuidado no sólo de las personas que operen el equipo sino también de las que pasen cerca, las cuales pueden tener necesidad de transitar por detrás de una máquina cuya parte posterior no posea protección alguna.

Esta es una exigencia tanto reglamentaria como moral, por lo que se le debe dedicar una atención esmerada.

Se debe contar con instalaciones y servicios médicos apropiados a satisfacción de los inspectores de Salubridad y Seguridad. La experiencia demuestra que el inspector no sólo está capacitado para asesorar sobre estos asuntos, sino que siempre está ansioso por ayudar.

El fuego es un riesgo permanente y se pueden obtener muchos consejos útiles en el servicio local de bomberos y en las compañías de seguros.

Seguridad máxima.

Deben incluirse implementos adecuados para contrarrestar fuego, humedad, robo y deterioro general hasta donde sea posible en la distribución inicial de la planta, en vez de agregar posteriormente jaulas, puertas y barreras.

Flujo Unidireccional.

No deben cruzarse las rutas de trabajos con las de transporte. En todo punto de una fábrica, el material debe fluir en una sola dirección solamente y una distribución que no se ajusta a esto ocasionará caos, por lo que debe evitarse.

Rutas visibles.

Deben proveerse rutas definidas de recorrido, y de ser posible deben marcarse claramente. Ningún pasillo debe usarse nunca para fines de almacenamientos, ni aun en forma temporal.

Identificación

Siempre que sea posible debe otorgarse a los grupos de trabajadores sus “propios” espacios de trabajo.

La necesidad de un territorio definido parece ser básica en el ser humano, y el otorgamiento de un espacio defendible con el que pueda identificarse una persona puede a menudo levantar la moral y despertar un sentimiento de cohesión muy real.

1.1.2.2 Realidad de planta industrial Telartec.

De las instalaciones de la fábrica TELARTEC, se ha definido como área de trabajo la sección 2 de la planta, donde se ubica el epicentro de la contaminación por el polvo generado en el proceso productivo que cumplen los telares y además se toma en consideración que es un ambiente cerrado de baja altura y escasa ventilación tal y se lo aprecia en *Gráfico 1.10*.



Gráfico 1.10: Sección 2 TELARTEC

De igual manera, considerando el punto anterior, con respecto a los conceptos básicos para una correcta distribución en una planta industrial, se puede detallar aciertos y desaciertos que ésta presenta.

De la flexibilidad máxima

Referente a la flexibilidad máxima de distribución; la planta se ha ido expandiendo conforme se a incrementado la producción y capital de la empresa. Es por ello que se ha adaptado la estructura civil a las circunstancias que ha debido afrontar Telartec.

De acuerdo a la definición de flexibilidad máxima, se debería haber planificado en un inicio una secuencia de producción en función a la maquinaria empleada para el proceso productivo; pero en realidad esta localidad se ha ido acomodando con el paso de los años a distintos procesos productivos que se han incorporado progresivamente a la planta, tal es el caso que en sus inicios el proceso de producción estuvo destinado a la fabricación de alfombras y telas toallas, y actualmente de tiene una producción de tela plana llana en telares industriales del tipo Sulzer.

Resumiendo podemos notar como el proceso para producir una tela no se procede en el mismo ambiente sino que rota por localidades distintas tanto para la preproducción, la producción y postproducción.

El ingreso de materias primas y el proceso de urdido se encuentran en un segundo piso de la planta; mientras que el engomado se ubica en una sección apartada al proceso anterior, y es por ello que dificulta el transporte e incluso la pérdida de tiempo es evidente.

De la visibilidad máxima

Este concepto se aplica con mucha dificultad ya que existen telares del tipo P7100 y P7200 los cuales tienen características diferentes referente a sus dimensiones.

El primer tipo de telar, posee un enrollador de tela al nivel del piso, lo cual no dificulta en absoluto la visibilidad, mientras que los del segundo tipo poseen estos enrolladores a una altura aproximada de 1m 30cm (*Gráfico 1.11*), de manera que estos dificultan la visibilidad.



Gráfico 1.11: Polvo elevándose hasta el techo

Esto ocasiona que la distribución actual no sea la idónea ya que estos últimos tipos de telares, se encuentran localizados en la parte central de la planta, lo que involucra deficiencias en la visibilidad.

Además, vale recalcar que en horas pico (cuando todos los telares de dicha sección están funcionando o al final de la jornada cuando hacen limpieza de cada máquina con aire comprimido) el ambiente se vuelve denso por la enorme cantidad de polvo que se llega a acumular ante la ausencia de un sistema de extracción de polvos.

Gracias a una cámara fotográfica y sus bondades que presta con el flash, ha sido posible captar como el material particulado que se desprende en los telares, se eleva hacia lo más alto del área de trabajo (*Gráfico 1.12*), para después precipitarse y caer sobre el piso, maquinaria, personal y toda superficie donde pueda reposar dicho polvo (*Gráfico 1.13*)⁵

⁵ Fotografías tomadas a la planta Telartec dentro de un turno de trabajo diario.

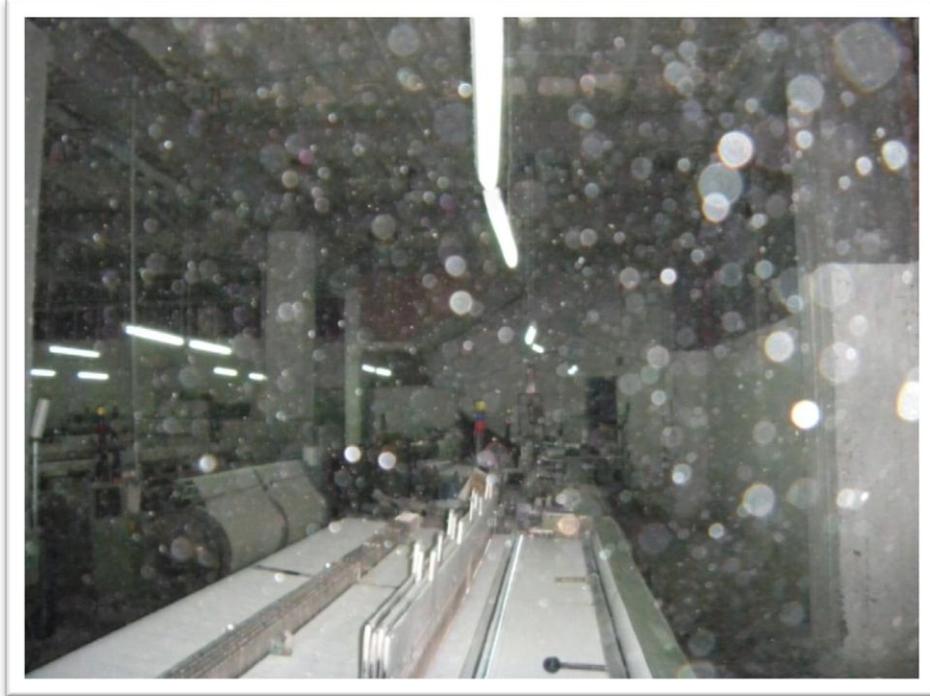


Gráfico 1.12: Polvo desprendido en el telar



Gráfico 1.13: Precipitación del polvo hacia distintas superficies

1.1.2.3 Planos y ubicación del área de trabajo.

Dado que no se dispone de planos y dibujos de la estructura civil de Telartec, se ha requerido de tiempo y dedicación en la inspección visual de los detalles del ambiente para poder esquematizar y ubicar el área de trabajo en planos técnicos.

Como consecuencia se puede detallar la disposición estructural de área en estudio, es así que se aprecia (*Gráfico 1.14 – 1.15*)⁶ que dicho espacio físico se encuentra distribuido y sustentado en 60 columnas de 0.6m x 0.4m de sección, con una elevación de 5.0m.

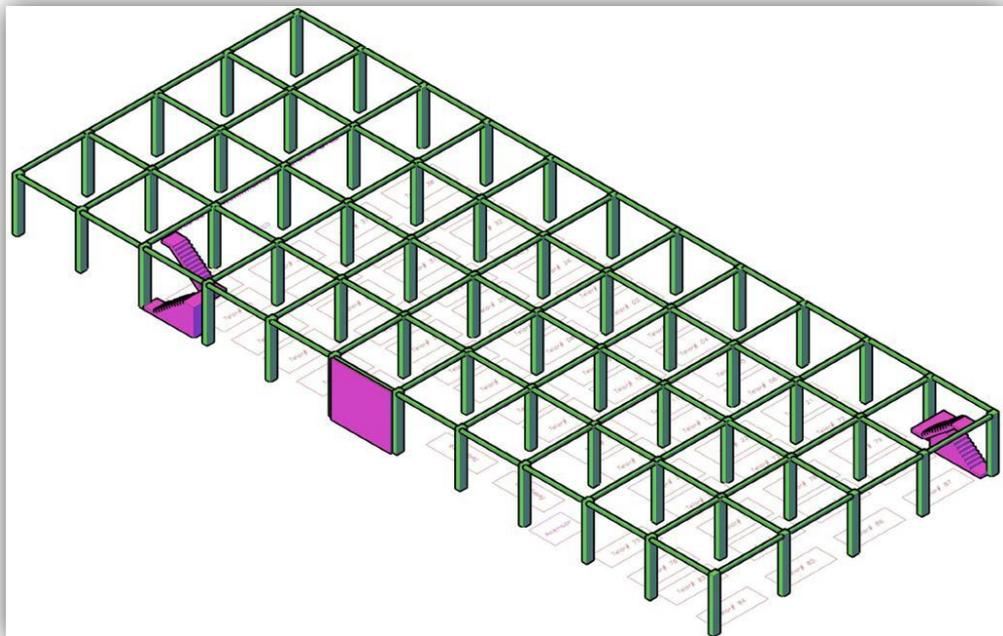


Gráfico 1.14: 3D estructura civil de la planta

La losa superior se apoya sobre 48 vigas de 5.6m y 55 vigas de 6.0m distribuidas transversalmente y longitudinalmente respectivamente de acuerdo al área de trabajo (*Gráfico 1.15*). Como podemos apreciar en cada uno de los gráficos; la sección #2 en estudio, posee una distribución de telares, la cual no sigue una secuencia de producción, es aquí donde se demuestra que la estructura civil de esta planta se ha acoplado a las circunstancias; donde podemos localizar telares Sulzer dispuestos en la parte inferior de una caja de grada la cual sirve para ingresar a la sección de urdidoras, esto nos manifiesta que se trató de sacar el máximo provecho a las áreas de trabajo.

⁶ Imagen elaborada en Auto-Cad®

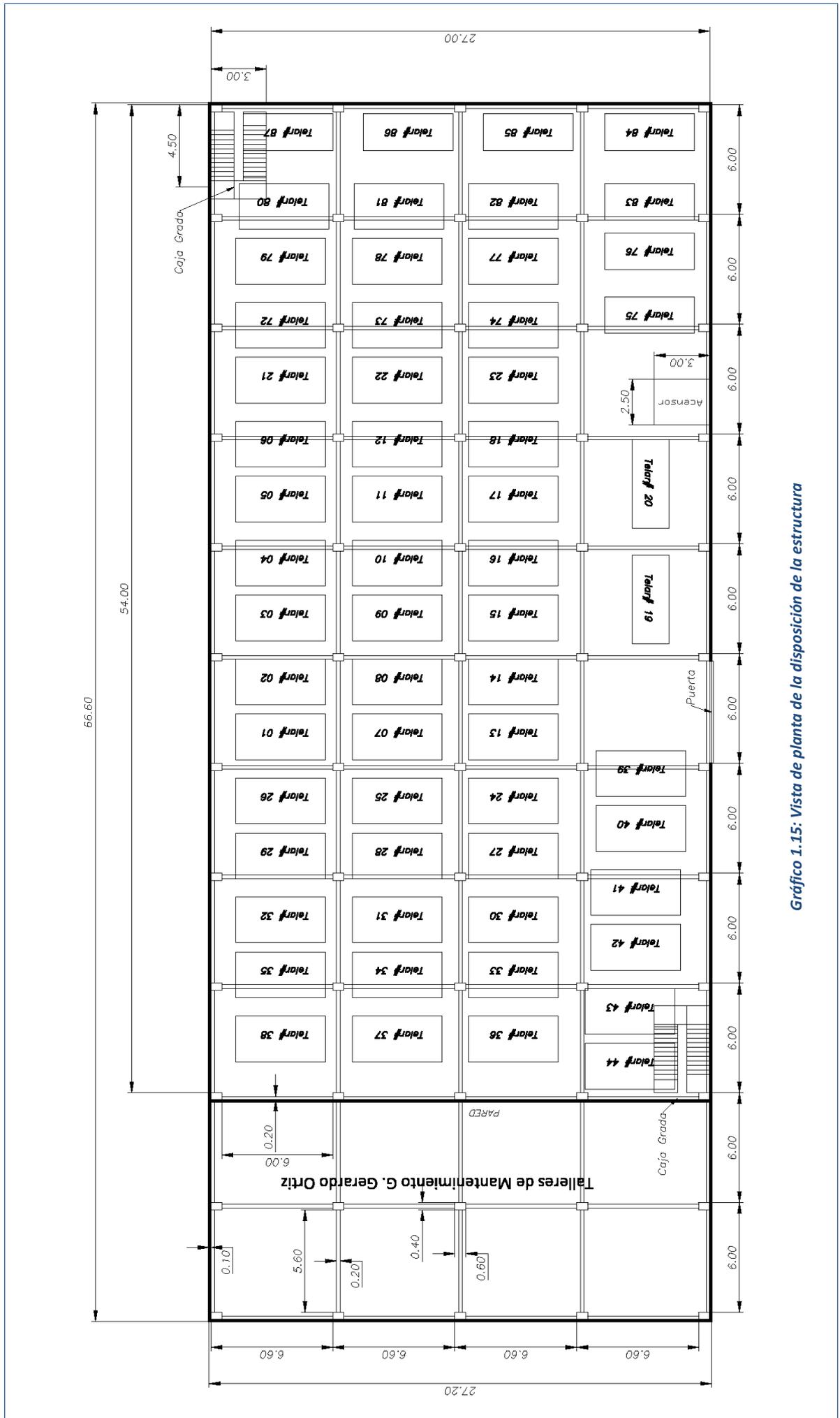


Gráfico 1.15: Vista de planta de la disposición de la estructura

Obviamente, no se ha ido considerando que efectos secundarios ocasionaría esta distribución, como es el caso del telar # 87 (**Gráfico 1.16**), el cual por estar ubicado bajo dicha caja de grada, presenta bajos rendimientos ya que nunca se considero que la temperatura ambiental de la zona, teniendo como consecuencias registros constantes de paros por ruptura de hilos; debido a que cuando aumenta la temperatura, la humedad disminuye y por consecuencia la tensión de resistencia de los hilos de urdimbre es menor al de otras zonas, lo cual da lugar a constantes paros de la máquina.

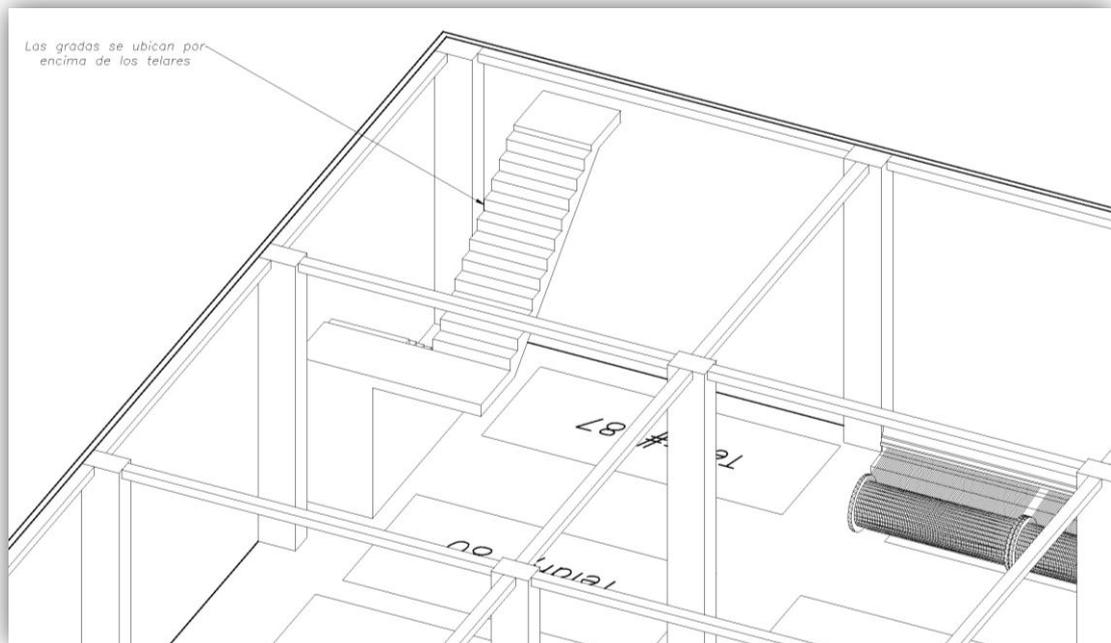


Gráfico 1.16: Ubicación del telar #87

De igual manera, los telares que se encuentran cerca de las áreas de ingreso y salida de la planta, poseen menor rendimiento puesto que la temperatura ambiente es en cambio menor, lo que permite que las fibras se contraigan y de hecho, el hilo de trama de los acumuladores, poseerá menor elasticidad de la habitual en zonas de temperatura y humedad constante.

Podemos notar, que la distancia entre cada uno de los telares dispuestos en el **Gráfico 1.17**; interrumpen el correcto montaje y desmontaje de los enjulos de urdimbre, al igual que la tela ya producida, lo cual dificulta a los operarios durante el montaje y se ven obligados a utilizar métodos inapropiadas para esta actividad, ya sea con el uso de barras de hacerlo y barretas para acoplar al telar, pudiendo generar accidentes.

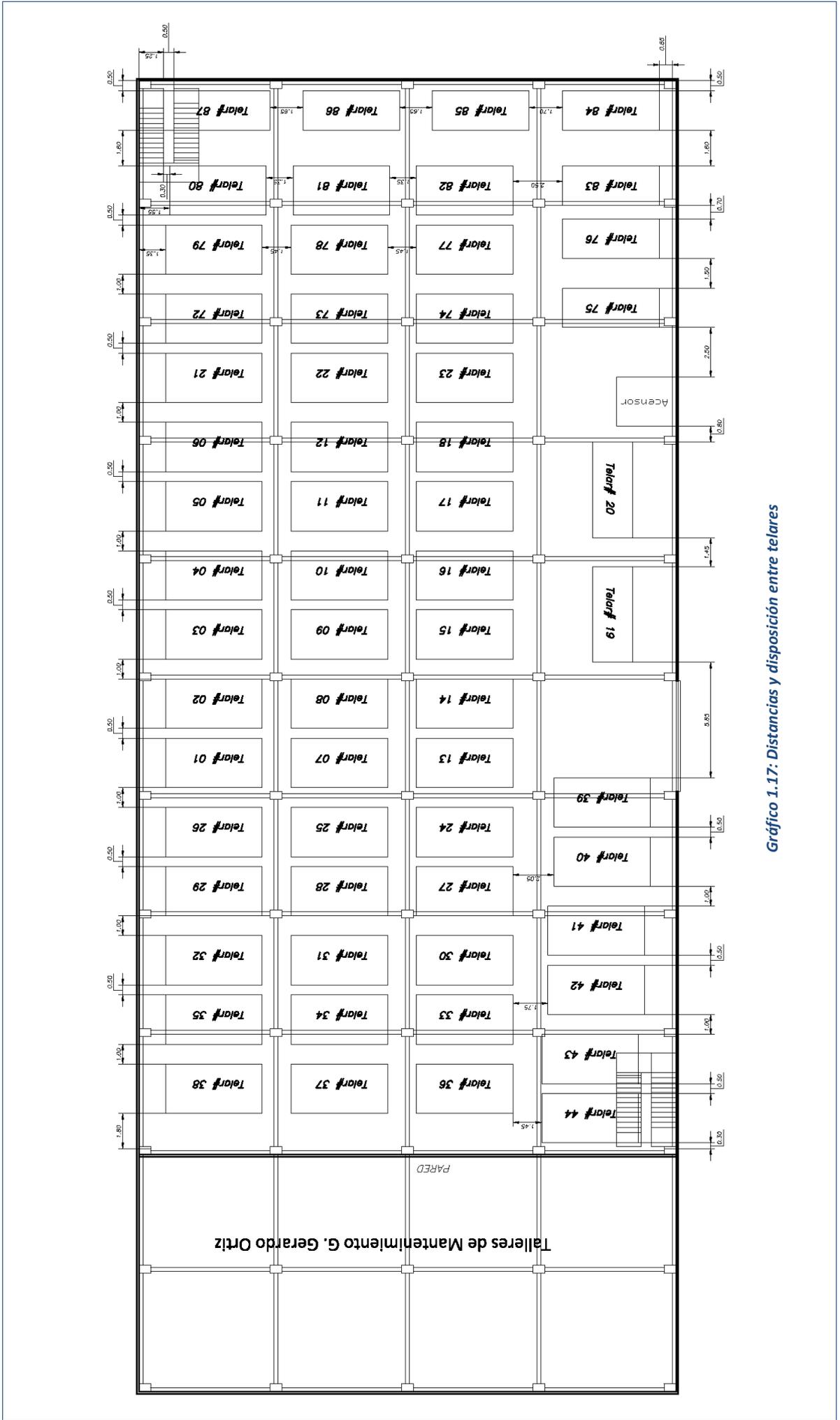


Gráfico 1.17: Distancias y disposición entre telares

A continuación presentamos un resumen de las dimensiones y especificaciones del área de trabajo en estudio:

- **DIMENSIONES DE LAS COLUMNAS:**
 - LARGO x ANCHO x ALTO: 60cm x 40cm x 5m
 - CANTIDAD DE COLUMNAS EN LA PLANTA 60 Columnas
 - DISPOSICION DE LAS COLUMNAS: largo de la columna perpendicular a la pared de 66.60 m
- **DIMENSIONES VIGAS:**
 - LARGO x ANCHO x ALTO: 20cm x 15cm x [600cm / 560cm]
 - CANTIDAD DE VIGAS EN LA PLANTA: 48 vigas de 560cm y 55 vigas de 600cm
 - DISPOSICION CORRECTA DE LAS VIGAS: vigas de 560cm perpendicular a la pared de 27.20m y vigas de 600cm perpendiculares a las mencionadas anteriormente
- **DIMENSIONES PAREDES:**
 - LARGO x ANCHO x ALTO: las paredes tienen un espesor de 10cm y están por el exterior de las columnas
- **DIMENSIONES Y UBICACIÓN DE LA CAJA DE GRADA:** 300cm x 450 cm ubicadas junto al telar #44 y # 87
- **DIMENSIONES DE LOS TELARES:** los telares 19, 20, 75, 76, 83, 84, 85, 86 y 87, tienen aproximadamente 485cm x 200cm x 180cm; y los restantes tienen 485cm x 250cm x 180cm.

1.1.3. Inventario de maquinarias que intervienen en el estudio.⁷

El inventario tiene como propósito fundamental proveer a la empresa de información acerca de los materiales e implementos necesarios, para su continuo y regular desenvolvimiento, es decir, tiene un papel vital para funcionamiento acorde y coherente dentro del proceso de producción para de esta forma afrontar la demanda.

De un completo inventario de activos de la fábrica, se ha podido rescatar toda la maquinaria ubicada en el área de trabajo a ser analizada las mismas que se detallan a continuación (*Tabla 1.1*)⁸:

⁷ METODOLOGÍA DE INVENTARIO Y DISTRIBUCIÓN DE MATERIALES. – Vladimir Zapata V.

⁸ Datos de Inventario tomados de Archivo de la planta Telartec.

Tabla 2.1: Inventario de Activos del área de trabajo

| NUM | TIPO DE TELAR | AÑO | LARGO [cm] | ANCHO [cm] | ALTURA [cm] |
|------------|----------------------|--------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|
| 1 | TELAR SULZER P7200 | SIN REGISTRO | 485 | 250 | 180 |
| 2 | TELAR SULZER P7200 | SIN REGISTRO | 485 | 250 | 180 |
| 3 | TELAR SULZER P7200 | SIN REGISTRO | 485 | 250 | 180 |
| 4 | TELAR SULZER P7200 | SIN REGISTRO | 485 | 250 | 180 |
| 5 | TELAR SULZER P7200 | SIN REGISTRO | 485 | 250 | 180 |
| 6 | TELAR SULZER P7200 | SIN REGISTRO | 485 | 250 | 180 |
| 7 | TELAR SULZER P7200 | SIN REGISTRO | 485 | 250 | 180 |
| 8 | TELAR SULZER P7200 | SIN REGISTRO | 485 | 250 | 180 |
| 9 | TELAR SULZER P7200 | SIN REGISTRO | 485 | 250 | 180 |
| 10 | TELAR SULZER P7200 | SIN REGISTRO | 485 | 250 | 180 |
| 11 | TELAR SULZER P7200 | SIN REGISTRO | 485 | 250 | 180 |
| 12 | TELAR SULZER P7200 | SIN REGISTRO | 485 | 250 | 180 |
| 13 | TELAR SULZER P7200 | SIN REGISTRO | 485 | 250 | 180 |
| 14 | TELAR SULZER P7200 | SIN REGISTRO | 485 | 250 | 180 |
| 15 | TELAR SULZER P7200 | SIN REGISTRO | 485 | 250 | 180 |
| 16 | TELAR SULZER P7200 | SIN REGISTRO | 485 | 250 | 180 |
| 17 | TELAR SULZER P7200 | SIN REGISTRO | 485 | 250 | 180 |
| 18 | TELAR SULZER P7200 | SIN REGISTRO | 485 | 250 | 180 |
| 19 | TELAR SULZER P7200 | SIN REGISTRO | 485 | 200 | 180 |
| 20 | TELAR SULZER P7200 | SIN REGISTRO | 485 | 200 | 180 |
| 21 | TELAR SULZER P7100 | 1998 | 485 | 250 | 180 |
| 22 | TELAR SULZER P7100 | 1998 | 485 | 250 | 180 |
| 23 | TELAR SULZER P7100 | 1998 | 485 | 250 | 180 |
| 24 | TELAR SULZER P7100 | 1998 | 485 | 250 | 180 |
| 25 | TELAR SULZER P7100 | 1998 | 485 | 250 | 180 |
| 26 | TELAR SULZER P7100 | 1998 | 485 | 250 | 180 |
| 27 | TELAR SULZER P7100 | 1998 | 485 | 250 | 180 |
| 28 | TELAR SULZER P7100 | 1998 | 485 | 250 | 180 |
| 29 | TELAR SULZER P7100 | 1998 | 485 | 250 | 180 |
| 30 | TELAR SULZER P7100 | 1998 | 485 | 250 | 180 |
| 31 | TELAR SULZER P7100 | 1998 | 485 | 250 | 180 |
| 32 | TELAR SULZER P7100 | 1998 | 485 | 250 | 180 |
| 33 | TELAR SULZER P7100 | 1998 | 485 | 250 | 180 |
| 34 | TELAR SULZER P7100 | 1998 | 485 | 250 | 180 |
| 35 | TELAR SULZER P7100 | 1998 | 485 | 250 | 180 |
| 36 | TELAR SULZER P7100 | 1998 | 485 | 250 | 180 |
| 37 | TELAR SULZER P7100 | 1998 | 485 | 250 | 180 |

| | | | | | |
|----|--------------------|------|-----|-----|-----|
| 38 | TELAR SULZER P7100 | 1998 | 485 | 250 | 180 |
| 39 | TELAR SULZER P7100 | 1998 | 485 | 250 | 180 |
| 40 | TELAR SULZER P7100 | 1998 | 485 | 250 | 180 |
| 41 | TELAR SULZER P7100 | 1998 | 485 | 250 | 180 |
| 42 | TELAR SULZER P7100 | 1998 | 485 | 250 | 180 |
| 43 | TELAR SULZER P7100 | 1998 | 485 | 250 | 180 |
| 44 | TELAR SULZER P7100 | 1998 | 485 | 250 | 180 |
| 72 | TELAR SULZER P7100 | 1998 | 485 | 250 | 180 |
| 73 | TELAR SULZER P7100 | 1998 | 485 | 250 | 180 |
| 74 | TELAR SULZER P7100 | 1998 | 485 | 250 | 180 |
| 75 | TELAR SULZER P7100 | 1998 | 485 | 200 | 180 |
| 76 | TELAR SULZER P7100 | 1998 | 485 | 200 | 180 |
| 77 | TELAR SULZER P7100 | 1998 | 485 | 250 | 180 |
| 78 | TELAR SULZER P7100 | 1998 | 485 | 250 | 180 |
| 79 | TELAR SULZER P7100 | 1998 | 485 | 250 | 180 |
| 80 | TELAR SULZER P7100 | 1998 | 485 | 250 | 180 |
| 81 | TELAR SULZER P7100 | 1998 | 485 | 250 | 180 |
| 82 | TELAR SULZER P7100 | 1998 | 485 | 250 | 180 |
| 83 | TELAR SULZER P7100 | 1998 | 485 | 200 | 180 |
| 84 | TELAR SULZER P7100 | 1998 | 485 | 200 | 180 |
| 85 | TELAR SULZER P7100 | 1998 | 485 | 200 | 180 |
| 86 | TELAR SULZER P7100 | 1998 | 485 | 200 | 180 |
| 87 | TELAR SULZER P7100 | 1998 | 485 | 200 | 180 |

1.2. ENCUESTAS AL PERSONAL INVOLUCRADO

1.2.1. Estructuración de la encuesta modelo⁹

Se ha visto en el anteproyecto, la necesidad imprescindible de conocer que piensa todo el personal involucrado acerca de la problemática del polvo generado durante el proceso productivo.

Para el diseño de la encuesta modelo que propiciará dicha información, se ha considerado los siguientes parámetros:

- Antigüedad en la planta del encuestado
- Enfermedades superadas o acarreadas a causa del polvo
- Días de descanso por enfermedad
- Rendimiento laboral en cual se ubican actualmente ante la presencia del polvo
- Opinión acerca de implementar un sistema para la extracción de polvos

Para optimizar la cuantificación y la obtención de resultados, se ha designado a cada pregunta de la encuesta con una letra del alfabeto y a cada respuesta con un número arábigo empezado desde 1.

El encuestado pudo escoger entre opciones de respuesta para cada pregunta, de tal forma que al final se obtenga una sola respuesta por cada una de las preguntas.

A continuación (*Tabla 1.2*) se presenta la encuesta modelo definitiva:

⁹ Empleo del Programa Microsoft Office Excel 2007® para su desarrollo.

Tabla 1.2: Encuesta Modelo

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
FACULTAD DE INGENIERÍAS - INGENIERÍA MECÁNICA
ENCUESTA para el estudio del impacto del polvo en la empresa TELARTEC

ENCUESTA N°: _____

Señor/ra encuestado, por favor lea atentamente cada pregunta y en cada una de ellas solo marque una sola casilla de respuesta con una "X". Si tiene alguna duda, pregunte al respectivo encuestador

a) ¿Qué tiempo lleva trabajando en la planta?

- 1 MENOS 6 MESES
- 2 1-4 AÑOS
- 3 MAS DE 5 AÑOS

| |
|--|
| |
| |
| |

b) ¿Se ha enfermado alguna vez por causa del polvo en la planta?

- 4 SI
- 5 NO

| |
|--|
| |
| |

c) Entre las siguientes categorías, ¿en cual se ubica la enfermedad que adquirió a causa del polvo?

- 6 LEVE
- 7 GRAVE
- 8 MUY GRAVE

| |
|--|
| |
| |
| |

d) ¿Por cuánto tiempo ha guardado reposo a causa de la enfermedad adquirida?

- 9 NUNCA
- 10 1-2 DIAS
- 11 1-2 SEMANAS
- 12 1 MES O MAS

| |
|--|
| |
| |
| |
| |

e) ¿Actualmente usted toma medicación a causa de las molestias que ocasiona el polvo?

- 13 SI
- 14 NO

| |
|--|
| |
| |

f) Entre las siguientes escalas, ¿en cual se ubica su rendimiento laboral actual con la presencia del polvo?

- 15 DEFICIENTE
- 16 BAJO
- 17 MEDIO
- 18 ALTO
- 19 MUY EFICIENTE

| |
|--|
| |
| |
| |
| |
| |

g) ¿Cree usted que la empresa debería adquirir un sistema de extracción de polvos para la planta?

- 20 SI
- 21 NO

| |
|--|
| |
| |

h) De concretarse la adquisición de un sistema de extracción de polvos, ¿en cuanto cree usted que aumentaría su rendimiento laboral?

- 22 NADA
- 23 5-10%
- 24 20-40%
- 25 40-60%
- 26 60-80%
- 27 80-100%

| |
|--|
| |
| |
| |
| |
| |
| |

1.2.2. Aplicación de las encuestas

Para la fase de la aplicación de las encuestas “in situ”, no se ha considerado una muestra puesto que la población resulta ser pequeña, la cual está definida en un total de 50 encuestados entre obreros, supervisores, y otros, los mismos que tienen relación directa con el área de trabajo.

Para el procedimiento de esta fase, se imprimió las 50 hojas de la encuesta y se planificó con el personal las horas hábiles para aplicarlas, las mismas que fueron desarrolladas en tres semanas seguidas debido a la rotación del personal para los turnos.

1.2.3. Análisis y tabulación de las encuestas

Proyectándose hacia la tabulación de las encuestas, se realizó la base de datos en un libro en Microsoft Excel, en base a la codificación planteada en el diseño de la encuesta modelo.

Dicha base de datos consiste en una matriz, cuyas columnas se encuentran denominadas en la parte superior por los números de cada respuesta, y sus filas corresponden al número de encuesta realizada (*Tabla 1.3*)

Cada celda de la matriz, fue llenada en base a los datos que proporcionaron las encuestas, tal que para cada respuesta del encuestado, se procedió a marcar su respectiva celda con un número uno (1), de tal forma que al final, se pudo contabilizar el número de respuestas y obtener datos a partir de un grupo de respuestas.

Sin embargo, al revisar una tabla llena de números y códigos, puede resultar un poco tedioso si no se obtiene una ventana de visualización gráfica de que es a lo que corresponde cada código.

Por ello que se ha planteado en la encuesta modelo realizada (en un nuevo libro del mismo archivo *.xls*) la asignación de fórmulas de búsqueda y referencia conjuntamente con fórmulas lógicas, que permitan visualizar las respuestas

directamente en la hoja de encuesta con tan solo ingresar el número de encuesta que queremos visualizar *Gráfico 1.17*

Con ello se puede comparar si los datos que se tienen plasmados en papel, concuerdan con la información ingresada a la base de datos

Tabla 1.3: Base de Datos en libro de Excel

| ENCUESTA | RESPUESTAS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | a | | | b | | C | | | d | | | e | | F | | | | | g | | h | | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 |
| 1 | 1 | | | 1 | | 1 | | | 1 | | | | 1 | | | | 1 | | | 1 | | | | | | | |
| 2 | | 1 | | 1 | | | 1 | | | 1 | | | | 1 | | | | 1 | | | | | | | | | |
| 3 | 1 | | | 1 | | 1 | | | 1 | | | | 1 | | | | | 1 | | | 1 | | | | | | |
| 4 | | 1 | | 1 | | | 1 | | | 1 | | | 1 | | | | | 1 | | | 1 | | | | | 1 | |
| 5 | 1 | | | 1 | | | 1 | | | 1 | | | | 1 | | | | 1 | | | 1 | | | | | 1 | |
| 6 | | 1 | | 1 | | | 1 | | | 1 | | | | 1 | | | | 1 | | | 1 | | | | | 1 | |
| 7 | 1 | | | 1 | | | 1 | | | 1 | | | | 1 | | | | 1 | | | | 1 | | | | | |
| 8 | | 1 | | 1 | | | 1 | | | 1 | | | | 1 | | | | 1 | | | 1 | | | | | 1 | |
| 9 | | 1 | | 1 | | 1 | | | | 1 | | | | 1 | | | | 1 | | | 1 | | | | | | |
| 10 | 1 | | | 1 | | 1 | | | 1 | | | | | 1 | | | 1 | | | | 1 | | | | | 1 | |
| 11 | | 1 | | 1 | | | 1 | | 1 | | | | | 1 | | | | 1 | | | 1 | | | | | 1 | |
| 12 | | 1 | | 1 | | | 1 | | | 1 | | | | 1 | | | | 1 | | | 1 | | | | | 1 | |
| 13 | | | 1 | 1 | | | 1 | | 1 | | | | | 1 | | | | 1 | | | 1 | | | | | 1 | |
| 14 | 1 | | | 1 | | 1 | | | 1 | | | | | 1 | | | 1 | | | | 1 | | | | | 1 | |
| 15 | | 1 | | 1 | | 1 | | | | 1 | | | | 1 | | | | 1 | | | 1 | | | | 1 | | |
| 16 | | | 1 | 1 | | | 1 | | | 1 | | | | 1 | | | | 1 | | | 1 | | | | 1 | | |
| 17 | | | 1 | 1 | | | 1 | | | 1 | | | | 1 | | | | 1 | | | 1 | | | | 1 | | |
| 18 | | 1 | | 1 | | | 1 | | | 1 | | | | 1 | | | | 1 | | | 1 | | | | 1 | | |
| 19 | | 1 | | 1 | | 1 | | | 1 | | | | | 1 | | | | 1 | | | 1 | | | | 1 | | |
| 20 | 1 | | | | 1 | | | | 1 | | | | | 1 | | | | 1 | | | 1 | | | | | 1 | |
| 21 | 1 | | | | 1 | | | | 1 | | | | | 1 | | | | 1 | | | 1 | 1 | | | | | |
| 22 | | 1 | | 1 | | 1 | | | 1 | | | | | 1 | | | | 1 | | | 1 | 1 | | | | | |
| 23 | | | 1 | 1 | | | 1 | | | 1 | | | | 1 | | | | 1 | | | 1 | | | | 1 | | |
| 24 | | | 1 | 1 | | 1 | | | 1 | | | | | 1 | | | | 1 | | | 1 | 1 | | | | | |
| 25 | 1 | | | 1 | | 1 | | | 1 | | | | | 1 | | | | 1 | | | 1 | | | | | 1 | |
| 26 | | 1 | | 1 | | 1 | | | 1 | | | | | 1 | | | | 1 | | | 1 | | | | 1 | | |
| 27 | | 1 | | 1 | | | 1 | | | | 1 | | | 1 | | | | 1 | | | 1 | | | | | 1 | |
| 28 | | 1 | | 1 | | 1 | | | 1 | | | | | 1 | | | | 1 | | | 1 | | | | | 1 | |
| 29 | | 1 | | 1 | | 1 | | | 1 | | | | | 1 | | | | 1 | | | 1 | | | | | 1 | |
| 30 | | | 1 | 1 | | | 1 | | | 1 | | | | 1 | | | | 1 | | | 1 | 1 | | | | | |
| 31 | | 1 | | 1 | | | 1 | | | 1 | | | | 1 | | | | 1 | | | 1 | | | | 1 | | |
| 32 | | 1 | | 1 | | 1 | | | | 1 | | | | 1 | | | | 1 | | | 1 | | | | 1 | | |

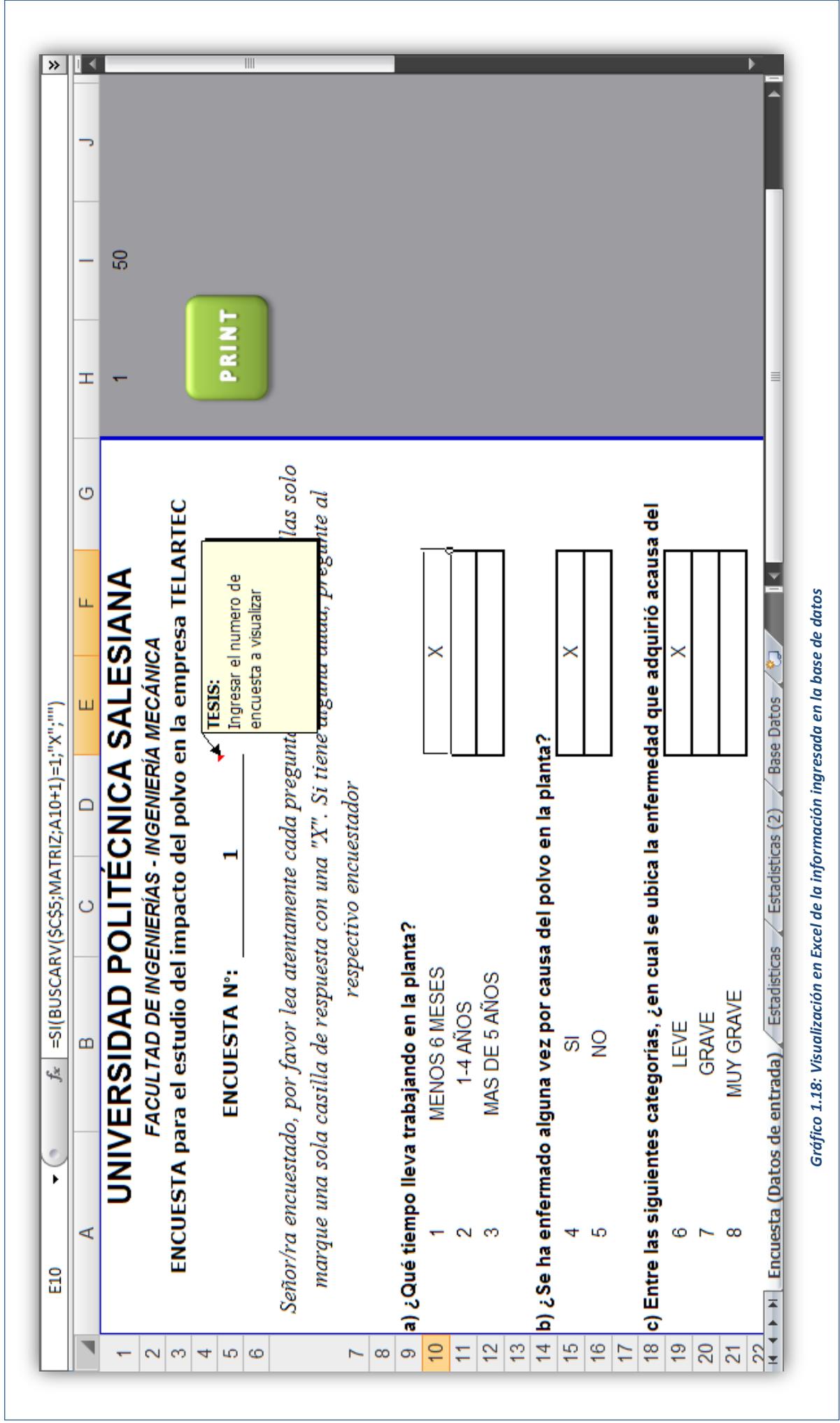


Gráfico 1.18: Visualización en Excel de la información ingresada en la base de datos

Los resultados preliminares obtenidos de dicha tabulación son los siguientes:

- En el **Gráfico 1.19**, se aprecia que el 50% de la población lleva trabajando en la planta entre 1 a 4 años, el 36% que corresponde a 18 personas tienen menos de 6 meses de trabajo y tan solo 7 personas son las que laboran en TELARTEC por más de 5 años.

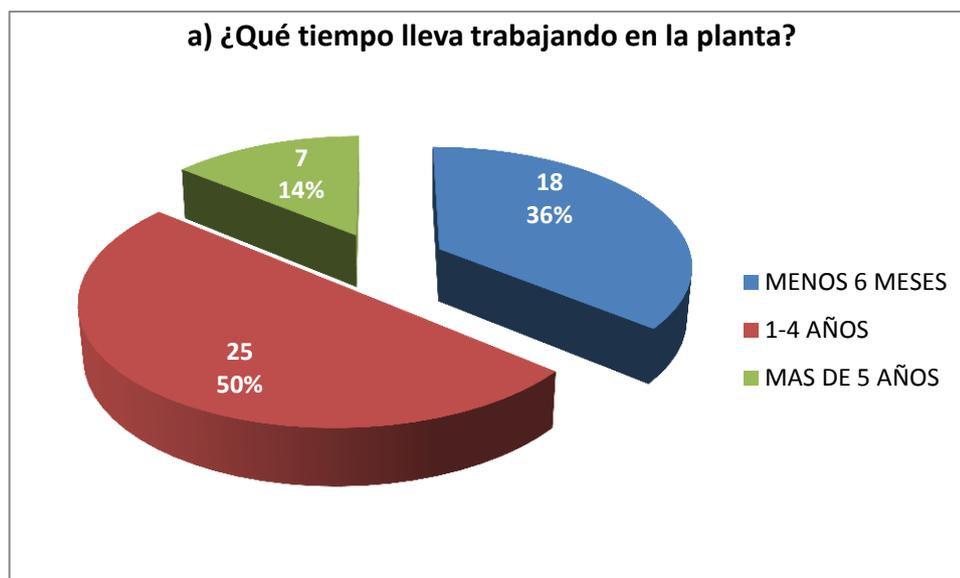


Gráfico 1.19: Resultado pregunta A

- Con certeza se puede decir que al menos una vez se ha enfermado cada participante de las encuestas a causa del polvo (**Gráfico 1.20**), puesto que se ha obtenido una 90% en su respuesta afirmativa en dicha pregunta.

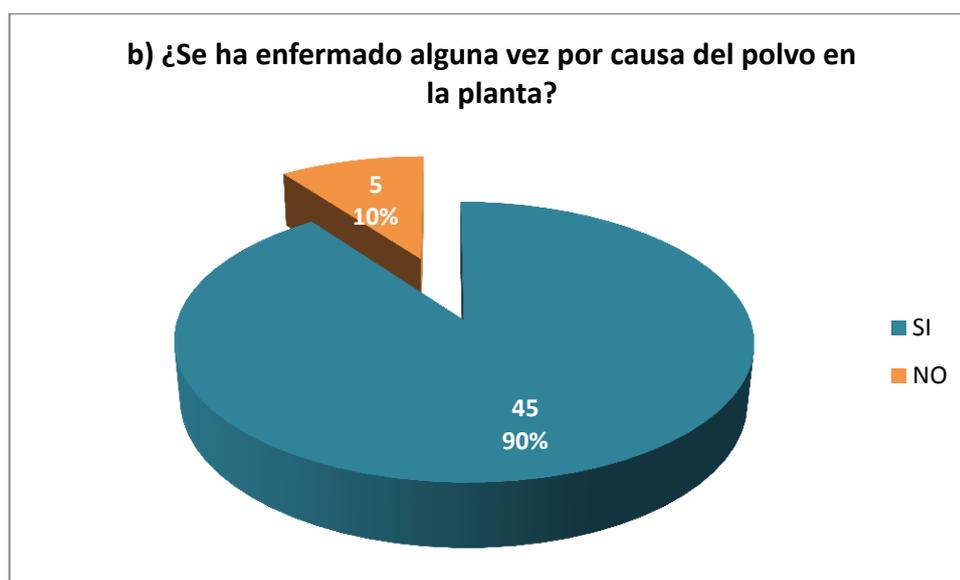


Gráfico 1.20: Resultado pregunta B

- Tan solo 45 personas respondieron interrogante “c” y de ellos aproximadamente la mitad a obtenido una enfermedad leve y la otra mitad consiguió una enfermedad grave a causa del polvo (*Gráfico 1.21*)

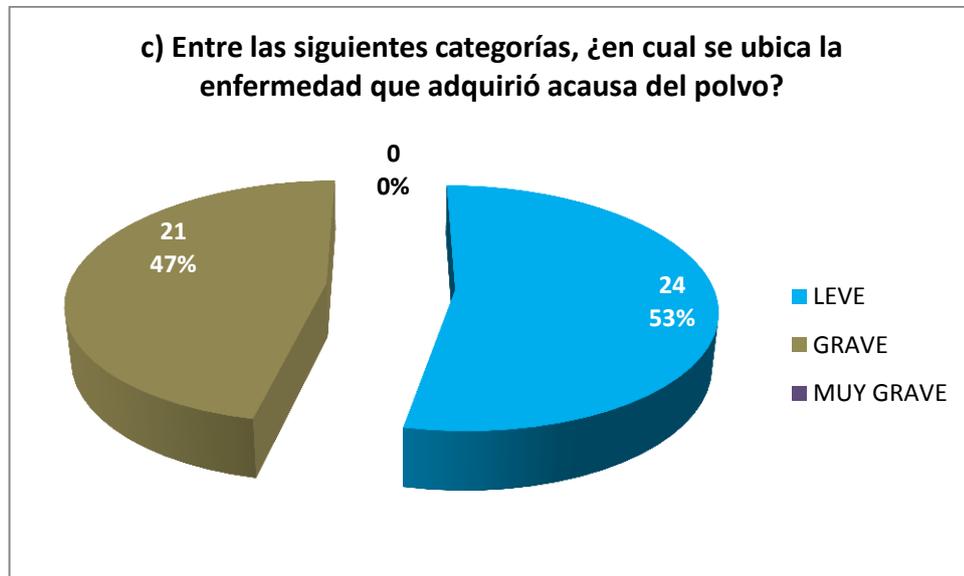


Gráfico 1.21: Resultado pregunta C

- De igual forma, y con cierta preocupación se pudo descubrir que el 42% de la población nunca descansó de aquella enfermedad a causa del polvo y que trabajó enfermo en la planta (*Gráfico 1.22*). Además también se puede notar que el 50% tomó su días de descanso y que de seguro TELARTEC pago esos días al empleado. Esta información se profundizará con mayor énfasis en el capítulo IV en el Análisis Económico y Rentabilidad del proyecto.

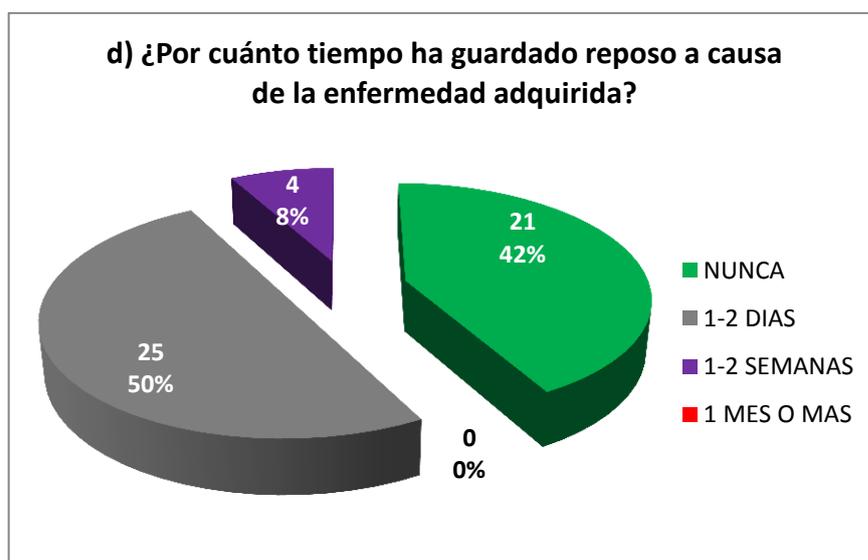


Gráfico 1.22: Resultado pregunta D

- Según el **Gráfico 1.23**, al menos tan solo el 34% que corresponde a 17 personas, compra y toma medicación a causa del polvo.

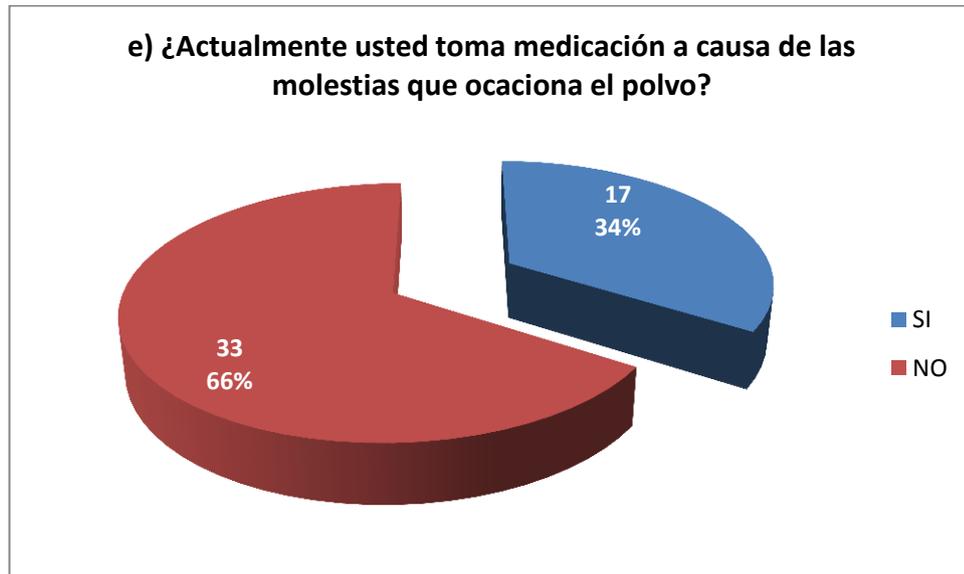


Gráfico 1.23: Resultado pregunta E

- Para la siguiente pregunta (que fue un tanto subjetiva), se puede determinar al menos que la dedicación y optimismo del personal, intentan sobresalir ante la problemática del polvo. Tal es que el 72% dice tener un rendimiento laboral medio y el 22% piensa que conserva un rendimiento laboral alto. (**Gráfico 1.24**)

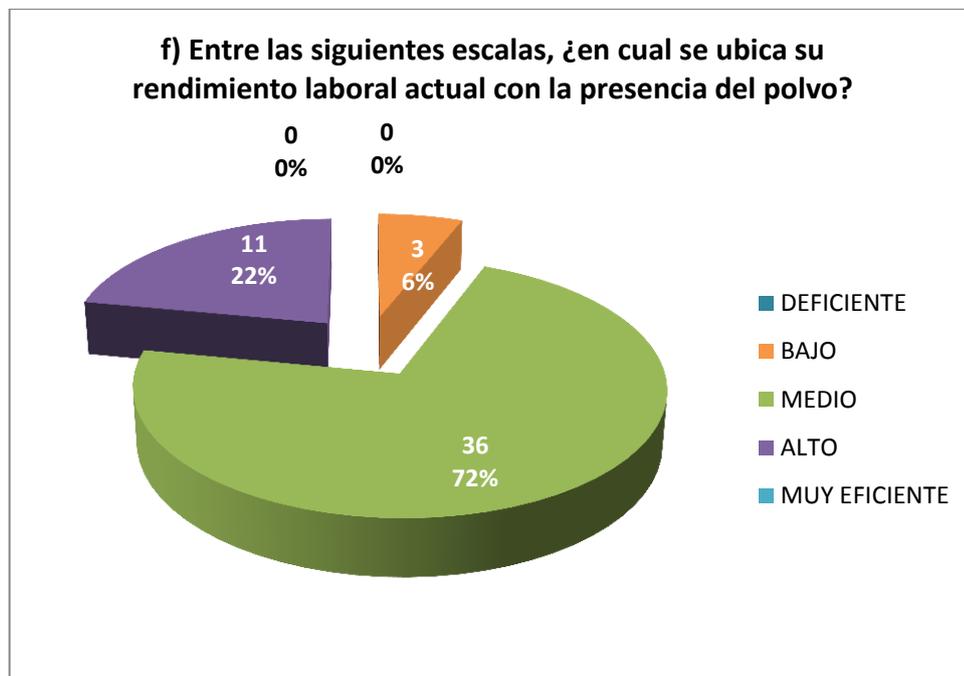


Gráfico 1.24: Resultado pregunta F

- Definitivamente, desde el punto de vista de la mayoría del personal, es imprescindible adquirir un sistema de extracción de polvos para resolver dicha problemática (*Gráfico 1.25*)



Gráfico 1.25: Resultado pregunta G

- Finalmente, con otra pregunta subjetiva, se puede apreciar que el personal piensa que con la implementación de un sistema de extracción de polvos incrementarían su rendimiento laboral, tal es el caso de que 44 personas responden que si les beneficiaría dicho sistema (*Gráfico 1.26*)

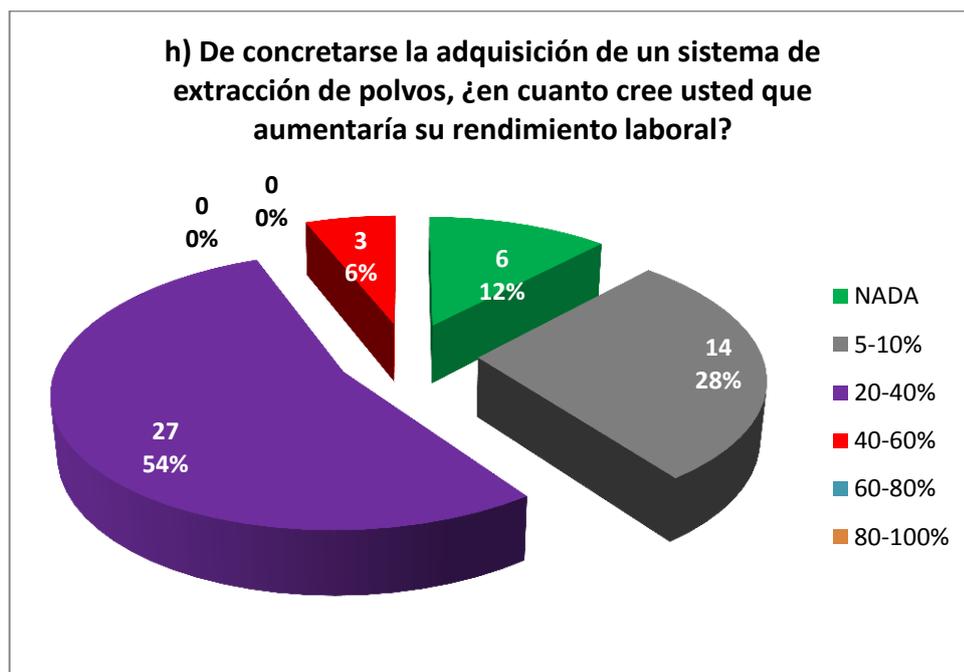


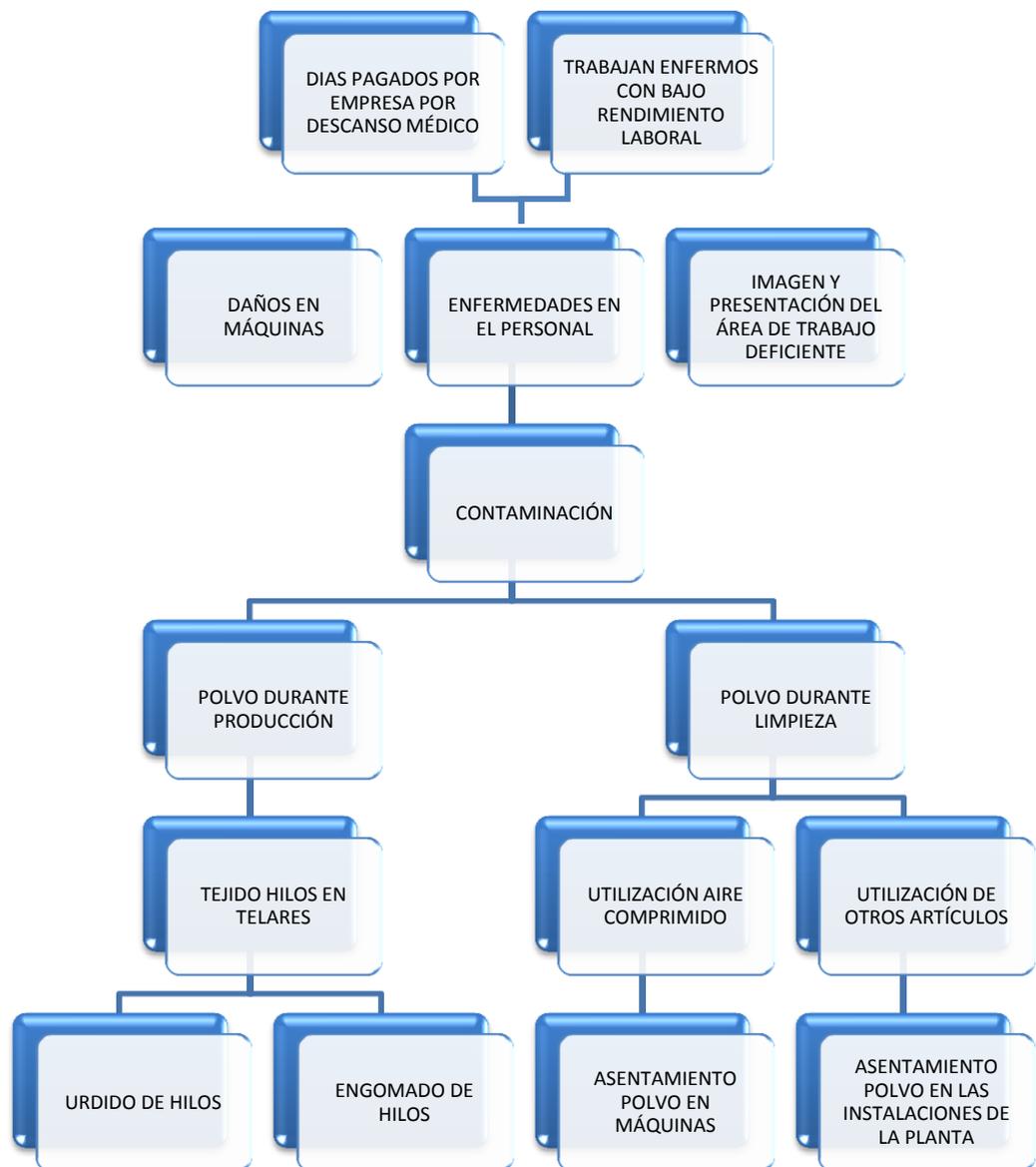
Gráfico 1.26: Resultado pregunta H

1.2.4. Análisis CAUSA – EFECTO de la contaminación en la empresa

Es necesario conocer todo lo que está sucediendo actualmente en la empresa para determinar los efectos producidos ante la problemática del polvo.

Es por ello que a continuación (*Gráfico 1.27*) se ha elaborado un diagrama de CAUSA-EFECTO, en donde se distinguen las diferentes variables que se conjugan ante la presencia del polvo y la secuencia de la problemática para verificar el instante en que se convierte el problema en una causa y/o en un efecto.

Gráfico 1.27: Diagrama CAUSA-EFECTO de la contaminación del polvo



1.3. MUESTREO Y ANÁLISIS DEL AIRE EN LA ZONA DE ESTUDIO

Es importante conocer el estado del polvo en el ambiente analizado y para ello es que se ha procedido a realizar dos métodos de estudio: Análisis Experimental o Empírico y Análisis Estándar de la Concentración

1.3.1 Análisis Experimental o Empírico

Se ha realizado una recolección diaria del polvo que se ha precipitado hacia el suelo de la planta (*Tabla 1.4*)

Dicho muestreo se lo ha realizado considerando los sectores en que se divide la planta para la limpieza. Cada 5 telares aproximadamente, existe un obrero responsable de mantener la limpieza y recolección constante del polvo durante su turno en su sector.

Considerando que por cada sector hay un recipiente en donde el obrero puede depositar el polvo colectado (*Gráfico 1.28*), se ha procedido a pesar (*Gráfico 1.29*) dicho material por cada sector al final de las jornadas, es decir, por cada recipiente se obtuvieron dos muestras diarias, una al finalizar el primer turno (19h00) y otra al finalizar el segundo turno (07h00).

Meticulosamente, se ha verificado que durante tres días consecutivos, se mantenga en condiciones estables la recolección, eso quiere decir que se ha tenido cuidado que no se deposite en los recipientes algún otro material que no sea el polvo generado por la producción de las telas. Cabe recalcar que el muestreo se lo ha realizado para 7 sectores de la planta lo que correspondería a 35 telares de los 60 en estudio.

Tabla 1.4: MUESTREO DE RECOLECCIÓN DE POLVO DE FABRICA TELARTEC

| NOTA: Recolección tomada por sector de cada 5 telares. | | | | | |
|---|---------------------------|------------------------------|---------------------------|-------------------|--|
| | | KILOGRAMOS | KILOGRAMOS | KILOGRAMOS | |
| HORA | MARTES 13 DE JULIO | MIÉRCOLES 14 DE JULIO | JUEVES 15 DE JULIO | | |
| 7AM - 7PM | 3,94 | 4,22 | 2,12 | Sector A | |
| 7PM - 7AM | 4,17 | 4,30 | 2,98 | | |
| CANT 24Hrs | 8,11 | 8,52 | 5,10 | | |
| | | KILOGRAMOS | KILOGRAMOS | KILOGRAMOS | |
| HORA | MARTES 13 DE JULIO | MIÉRCOLES 14 DE JULIO | JUEVES 15 DE JULIO | | |
| 7AM - 7PM | 4,17 | 4,12 | 3,00 | Sector B | |
| 7PM - 7AM | 4,23 | 6,00 | 3,80 | | |

| | | | | |
|-------------------|---------------------------|------------------------------|---------------------------|-------------------|
| CANT 24Hrs | 8,40 | 10,12 | 6,80 | |
| KILOGRAMOS | | | KILOGRAMOS | KILOGRAMOS |
| HORA | MARTES 13 DE JULIO | MIÉRCOLES 14 DE JULIO | JUEVES 15 DE JULIO | Sector C |
| 7AM - 7PM | 3,85 | 5,80 | 4,50 | |
| 7PM - 7AM | 3,80 | 5,32 | 4,00 | |
| CANT 24Hrs | 7,65 | 11,12 | 8,50 | |
| KILOGRAMOS | | | KILOGRAMOS | KILOGRAMOS |
| HORA | MARTES 13 DE JULIO | MIÉRCOLES 14 DE JULIO | JUEVES 15 DE JULIO | Sector D |
| 7AM - 7PM | 5,12 | 4,30 | 4,60 | |
| 7PM - 7AM | 5,00 | 4,30 | 4,80 | |
| CANT 24Hrs | 10,12 | 8,60 | 9,40 | |
| KILOGRAMOS | | | KILOGRAMOS | KILOGRAMOS |
| HORA | MARTES 13 DE JULIO | MIÉRCOLES 14 DE JULIO | JUEVES 15 DE JULIO | Sector E |
| 7AM - 7PM | 6,10 | 3,60 | 4,00 | |
| 7PM - 7AM | 5,80 | 3,70 | 4,90 | |
| CANT 24Hrs | 11,90 | 7,30 | 8,90 | |
| KILOGRAMOS | | | KILOGRAMOS | KILOGRAMOS |
| HORA | MARTES 13 DE JULIO | MIÉRCOLES 14 DE JULIO | JUEVES 15 DE JULIO | Sección F |
| 7AM - 7PM | 3,94 | 3,90 | 4,00 | |
| 7PM - 7AM | 3,50 | 4,30 | 4,20 | |
| CANT 24Hrs | 7,44 | 8,20 | 8,20 | |
| KILOGRAMOS | | | KILOGRAMOS | KILOGRAMOS |
| HORA | MARTES 13 DE JULIO | MIÉRCOLES 14 DE JULIO | JUEVES 15 DE JULIO | Sector G |
| 7AM - 7PM | 3,20 | 2,12 | 5,00 | |
| 7PM - 7AM | 4,20 | 2,95 | 5,20 | |
| CANT 24Hrs | 7,40 | 5,07 | 10,20 | |



Gráfico 1.28: RECOLECCIÓN DEL POLVO



Gráfico 1.29: PESAJE DE CADA MUESTRA

Con estos datos, se procede a determinar la sumatoria diaria de cada sector y posteriormente se obtiene el promedio diario recolectado en 35 telares (*Tabla 1.5*)

Tabla 1.5: MUESTREO DE RECOLECCIÓN DE POLVO DE FABRICA TELARTEC

| UNIDADES | KILOGRAMOS | KILOGRAMOS | KILOGRAMOS |
|-----------------|--------------------|-----------------------|--------------------|
| DIAS | MARTES 13 DE JULIO | MIÉRCOLES 14 DE JULIO | JUEVES 15 DE JULIO |
| TOTAL 24Hrs | 61,02 | 58,93 | 57,10 |
| PROMEDIO DIARIO | 59,017 | | |

Dado que el área en estudio posee 60 telares, se realiza una aproximación aritmética con el dato anteriormente mencionado.

$$\text{Promedio}_{60 \text{ telares}} = \frac{60 \cdot \text{Promedio}_{35 \text{ telares}}}{35}$$

$$\text{Promedio}_{60 \text{ telares}} = \frac{60 \cdot 59,017}{35}$$

$$\text{Promedio}_{60 \text{ telares}} = 101,172 \text{ kg/día}$$

1.3.2 Análisis Estándar de Concentración

El 30 de Enero del 2010 se procedió a realizar mediciones ambiente en la empresa Telartec ubicado en el parque Industrial de la ciudad de Cuenca.

a) EQUIPO

GASES

Las mediciones fueron realizadas por un equipo Monitor Multigas de marca RAE Modelo PGM 2000 con sensores electroquímicos para la detección de componentes inorgánicos (Oxígeno O₂, Oxido Nitroso NO_x, Monóxido de carbono CO) y un detector de fotoionización (PID) para detección de Compuesto Orgánicos Volátiles (VOC) y Limite explosividad (LEL). El equipo dispone el certificado de calibración con fecha del 13 de Junio del 2008.

b) LEGISLACIÓN AMBIENTAL

De acuerdo a la legislación ambiental secundaria, Libro VI, Anexo 4 NORMA DE CALIDAD DEL AIRE AMBIENTE establece lo siguiente:

DEFINICIONES ¹⁰

Aire: O también aire ambiente, es cualquier porción no confinada de la atmósfera, y se define como mezcla gaseosa cuya composición normal es, de por lo menos, veinte por ciento (20%) de oxígeno, setenta y siete por ciento (77%) nitrógeno y proporciones variables de gases inertes y vapor de agua, en relación volumétrica.

Condiciones de referencia: Veinticinco grados centígrados (25 °C) y setecientos sesenta milímetros de mercurio de presión (760 mm Hg).

Contaminante del aire: Cualquier sustancia o material emitido a la atmósfera, sea por actividad humana o por procesos naturales, y que afecta adversamente al hombre o al ambiente.

¹⁰ NORMA DE CALIDAD AMBIENTE AIRE. - REPUBLICA DEL ECUADOR. – Libro IV. Anexo 4.

Norma de calidad de aire: Es el valor que establece el límite máximo permisible de concentración, a nivel del suelo, de un contaminante del aire durante un tiempo promedio de muestreo determinado, definido con el propósito de proteger la salud y el ambiente. Los límites permisibles descritos en esta norma de calidad de aire ambiente se aplicarán para aquellas concentraciones de contaminantes que se determinen fuera de los límites del predio de los sujetos de control o regulados.

PARÁMETROS

Dióxido de azufre (SO₂): El promedio aritmético de la concentración de SO₂ determinada en todas las muestras en un año no deberá exceder de ochenta microgramos por metro cúbico (80 µg/m³). La concentración máxima en 24 horas no deberá exceder trescientos cincuenta microgramos por metro cúbico (350 µg/m³), más de una vez en un año.

Monóxido de carbono (CO): La concentración de monóxido de carbono de las muestras determinadas de forma continua, en un período de 8 (ocho) horas, no deberá exceder diez mil microgramos por metro cúbico (10 000 µg/m³) más de una vez en un año. La concentración máxima en una hora de monóxido de carbono no deberá exceder cuarenta mil microgramos por metro cúbico (40 000 µg/m³) más de una vez en un año.

Oxidantes foto-químicos, expresados como ozono: La máxima concentración de oxidantes foto-químicos, obtenida mediante muestra continua en un período de una hora, no deberá exceder de ciento sesenta microgramos por metro cúbico (160 µg/m³), más de una vez en un año. La máxima concentración de oxidantes foto-químicos, obtenida mediante muestra continua en un período de ocho horas, no deberá exceder de ciento veinte microgramos por metro cúbico (120 µg/m³), más de una vez en un año.

Óxidos de nitrógeno, expresados como NO₂: El promedio aritmético de la concentración de óxidos de nitrógeno, expresada como NO₂, y determinada en todas las muestras en un año, no deberá exceder de cien microgramos por metro cúbico (100 µg/m³). La concentración máxima en 24 horas no deberá exceder ciento

cincuenta microgramos por metro cúbico ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3$) más de dos (2) veces en un año

Partículas Sedimentables: La máxima concentración de una muestra, colectada durante 30 días de forma continua, será de un miligramo por centímetro cuadrado ($1 \text{ mg}/\text{m}^2 \times 30$ días).

Material particulado menor a 10 micrones (PM10): El promedio aritmético de la concentración de PM10 de todas las muestras en un año no deberá exceder de cincuenta microgramos por metro cúbico ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$). La concentración máxima en 24 horas, de todas las muestras colectadas, no deberá exceder de ciento cincuenta microgramos por metro cúbico ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3$), valor que no podrá ser excedido más de dos (2) veces en un año.

c) METODOLOGÍA

GASES

Dióxido de azufre: Se determino usando un equipo de Analizador Continuo por Fluorescencia, la concentración de dióxido de azufre es determinada mediante la medición de la señal fluorescente generada al excitar a dicho compuesto en presencia de luz ultravioleta.

Monóxido de carbono: Se determino usando un equipo de Analizador infrarrojo no disperso el principio de medición consiste en determinar la concentración de monóxido de carbono mediante el cambio en absorción de energía infrarrojo en diferente longitudes de onda.

Oxido de nitrógeno: Se determino usando un equipo de Analizador quimioluminiscencia la concentración de dióxido de azufre es determinada mediante la medición de la señal fluorescente generada al excitar a dicho compuesto en presencia de luz ultravioleta.

MATERIAL PARTICULADO PM 10

Material particulado menor a 10 micrones (PM10): Se determino a través de un equipos portátil que reporta la concentración en mg./Lt el mismo que opera con un Método de medición continua, de tipo Micro-balanza Oscilante, equipado con una entrada aerodinámica PM 10 posee un transductor de masa de las oscilaciones inducidas por el material particulado.

d) PUNTOS DE MONITOREO (Tabla 1.6)

Tabla 1.6: PUNTOS DE MONITOREO

| PUNTO | DESCRIPCIÓN | ANÁLISIS |
|-------|------------------------------------|----------|
| P1 | A la entrada del área de tejedoras | PM10 |
| P2 | Al fondo del área de tejedoras | PM10 |

e) RESULTADOS (Tabla 1.7)¹¹

Tabla 1.7: RESULTADOS DEL ANÁLISIS IN SITU

| | | | | |
|-------------|------------------------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| ÁREA | A la entrada del área de tejedoras | | | |
| FECHA | 30/01/2010 | | | |
| TIEMPO | 15 minutos | | | |
| HORA INICIO | 08:21:43 am | | | |
| HORA FINAL | 08:36:54 am | | | |
| SENSOR | PM 2,5 | PM 10 | ST | COV's |
| UNIDADES | ug./m ³ | ug/m ³ | ug/m ³ | ug./m ³ |
| PICO | NR | 891,00 | NR | NR |
| MÍNIMO | NR | 0,00 | NR | NR |
| STEL | NR | 0,00 | NR | NR |
| MEDIOS | NR | 205,00 | NR | NR |
| ÁREA | Al fondo del área de tejedoras | | | |
| FECHA | 30/01/2010 | | | |
| TIEMPO | 15 minutos | | | |
| HORA INICIO | 8:40:32 am | | | |
| HORA FINAL | 8:55:32 am | | | |
| SENSOR | PM 2,5 | PM 10 | ST | COV's |
| UNIDADES | ug./m ³ | ug/m ³ | ug/m ³ | ug./m ³ |
| PICO | NR | 202,00 | NR | NR |
| MÍNIMO | NR | 0,00 | NR | NR |
| STEL | NR | 0,00 | NR | NR |
| MEDIOS | NR | 139,00 | NR | NR |

¹¹ INFORME DE ANÁLISIS DE AIRE – Ing. Pablo Arévalo. – U.P.S. Cuenca Ecuador.

1.3.3. Análisis y Conclusiones de los resultados obtenidos

En la naturaleza, el material particulado se forma por muchos procesos, tales como el viento, polinización de plantas e incendios forestales, aunque su efecto se ve incrementado por actividades humanas que implican el cambio de uso del suelo. Las principales fuentes antropogénicas de pequeñas partículas incluyen la quema de combustibles sólidos como la madera y el carbón, las actividades agrícolas como la fertilización y almacenamiento de granos y la industria de la construcción.

Con la denominación de partículas totales de suspensión (PST) se reconoció una amplia categoría de material particulado como contaminante criterio. Las PST con las partículas sólidas o líquidas del aire, donde se incluyen contaminantes primarios como el polvo y hollín y contaminantes secundarios como partículas líquidas producidas por la condensación de vapores. Desde la segunda mitad de la década de 1980 se han especificado normas sobre el material particulado con menos de 10 micrómetros de diámetro aerodinámico (PM10) y en la segunda mitad de la década de 1990 las normas sobre el material particulado especificaron considerar no solo al PM10 sino también al material particulado con menos de 2.5 micrómetros de diámetro aerodinámico (PM2.5). Estas partículas son comúnmente referidas como PM10 y PM2.5 respectivamente. La razón fundamental de ésta especificación se debe a que las partículas más pequeñas son más peligrosas para la salud de los seres humanos porque son capaces de alcanzar la zona inferior de los pulmones.

El material particulado puede tener efectos en la salud y bienestar del hombre (*Tabla 1.8*). Puede contribuir a aumentar las enfermedades respiratorias como la bronquitis y exacerbar los efectos de otras enfermedades cardiovasculares y en general disminuir la esperanza de vida de adultos mayores enfermos. Asimismo afecta la visibilidad y velocidad de deterioro de muchos materiales hechos por el hombre.

Tabla 1.8: EFECTOS EN LA SALUD HUMANA POR EXPOSICION AL MATERIAL PARTICULADO

| Concentración (ug/m ³) | Efecto observado | Impacto |
|------------------------------------|---|-----------|
| 200 | Disminución capacidad respiratoria | Moderado |
| 250 | Aumento de enfermedades respiratorias en ancianos y niños | Moderado |
| 400 | Afecta a toda la población | Grave |
| 500 | Aumento de mortalidad en adulto mayor y enfermos | Muy grave |

Ya como consecuencia directa al estudio del material particulado presente en Telartec, se puede confirmar que la densidad del mismo, que encuentra actualmente en el ambiente, supera los estándares de la norma de calidad del aire.

Considerando que se tomaron dos muestras, una a la entrada y otra al fondo del ambiente, se define que el material particulado no solo se precipita hacia el suelo, sino que también se desplaza hacia los exteriores de la fábrica.

Esto implica que toda persona que transite tan solo por la entrada de la nave que alberga los telares en estudio, respira al menos 205 µg de PM10 (sin percatarse puesto que es minúsculo su tamaño como en *Gráfico 1.30*), siendo el valor medio que obtuvimos con la medición.



Gráfico 1.30: PM10 y PM2.5 COMPARADOS CONTRA EL TAMAÑO DE UN CABELLO

Ahora bien, el problema más preocupante es la salud de cada uno de los empleados que a diario pasan horas continuas en el sitio que se está estudiando. Con ello, se afirma que al menos en un día, ellos han respirado 6000 µg de dicho PM10 sin

conocerlo, y de seguro que ninguno conoce a fondo los efectos secundarios que genera esta contaminación en su organismo.

Dado estos datos, es necesario que genere preocupación en todo el personal de Telartec para que se contrarreste este problema que se acarrea sin dar soluciones concretas que beneficien no solo a los empleados sino al performance de la empresa.

Por ende, se plantea la hipótesis de que existirá un beneficio para la empresa, con la implementación de un sistema adecuado de extracción de polvos para la Planta Telartec; ya que éste evitara gastos posteriores sobre el personal, ya sea por días no laborados por situación de enfermedad o por bajo rendimiento del personal.

De igual manera se puede concluir que, el sistema mejorará no solo el ambiente físico de trabajo, sino también ayudará para un mejor mantenimiento de la planta y a su vez mejor conservación de la maquinaria empleada en el sistema productivo de la misma.

CAPITULO II

CAPITULO II

ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS EN LA TEMÁTICA DE EXTRACCIÓN DE POLVOS

En el mercado existen muchas empresas que se dedican a la venta, diseño, instalación y prueba de equipos de control, extracción y almacenamiento de contaminantes tipo partículas.

Con este tipo de empresas, la ingeniería; debe tratar de dar la solución de algunos de los problemas de contaminación ambiental, por ello es necesario tener una idea general de las principales características de algunos equipos de control que existen en la actualidad, al igual que es ineludible saber las características del contaminante en suspensión para su futuro control, extracción y almacenamiento.

2.1. TIPOS Y PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO DE EXTRACCIÓN DE POLVOS¹²

En cuanto a los tipos y principios de sistemas de extracción de polvos, se puede enlistar los más importantes y sobre todo los más empleados en la industria:

- Proceso de Extracción a través de Cámaras de Sedimentación.
- Proceso de Extracción a través de Separadores Centrífgos.
- Proceso de Extracción a través de Colectores Húmedos.
- Proceso de Extracción a través de Filtros de Tela.
- Proceso de Extracción a través de Precipitadores Electroestáticos.
- Proceso de Extracción a través de Precipitadores Electroestáticos Húmedos.

2.1.1. Proceso de extracción a través de cámaras de sedimentación.

Consiste en introducir el aire contaminado a una cámara de dimensiones considerables, especialmente diseñada, en la cual, la velocidad de desplazamiento de

¹² WARK KENNETH Y WARNER CECIL . _ CONTAMINACIÓN DEL AIRE. - LIMUSA, MÉXICO 1995

BRAVO ALVAREZ HUMBERTO. - LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE EN MÉXICO. - UNIVERSO VEINTIUNO. MÉXICO 1987

Monografía "EL ORIGEN DE POLVOS Y SU MITIGACIÓN EN LA MINERÍA" - Ing. Edmundo, CAMPOS ARZAPALO

las partículas que se movilizan con el aire, por acción de la gravedad, se depositan en la parte inferior de dicha cámara (*Gráfico 2.1*)

Estas cámaras son eficientes, cuando se manejan partículas en suspensión cuyo diámetro sea superior o igual a las 1000 micras, y cuya densidad sea relativamente alta.

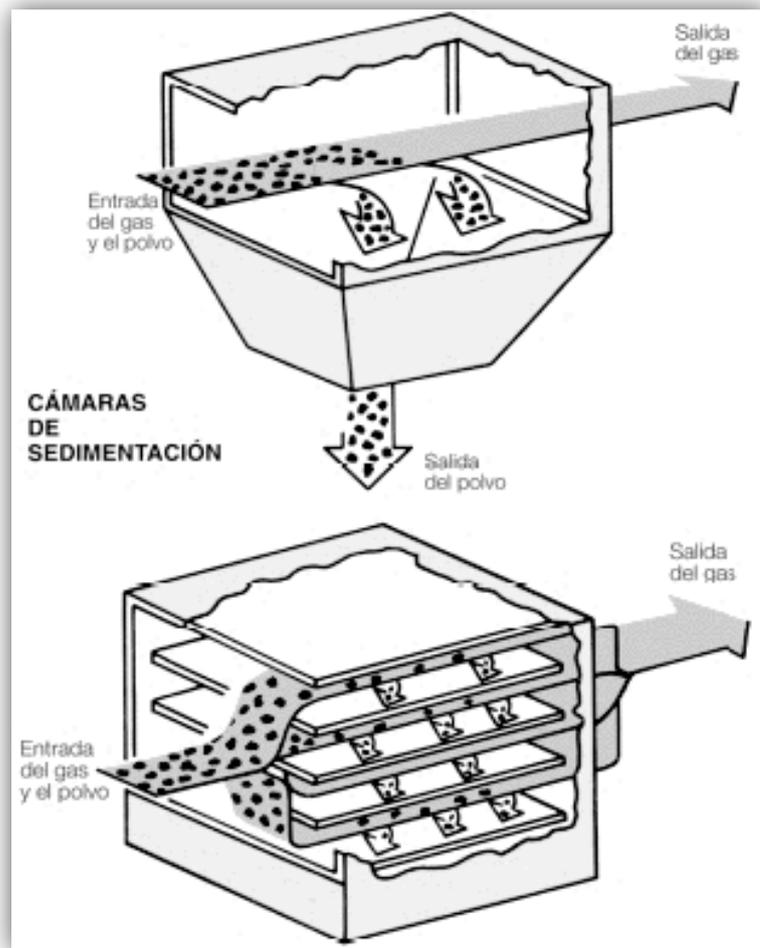


Gráfico 2.1: PRINCIPIO DE SEDIMENTACIÓN

2.1.2. Proceso de extracción a través de separadores centrífugos.

Consiste en introducir el aire contaminado a un equipo o cámara, el cual utilizan la fuerza centrífuga para hacer que las partículas se adhieran a una de sus paredes, en donde éstas caen a una tolva receptora (*Gráfico 2.2 - 2.3*)

Pueden captar con 95 % de eficiencia partículas de 50 micras, cuando su diámetro es pequeño, porque la fuerza centrífuga es mayor que con diámetros grandes. A estos equipos se les puede inyectar agua y volverlos húmedos con lo que su eficiencia aumenta notablemente, pues llegan a captar polvo de 5 micras con 95 % de eficiencia.

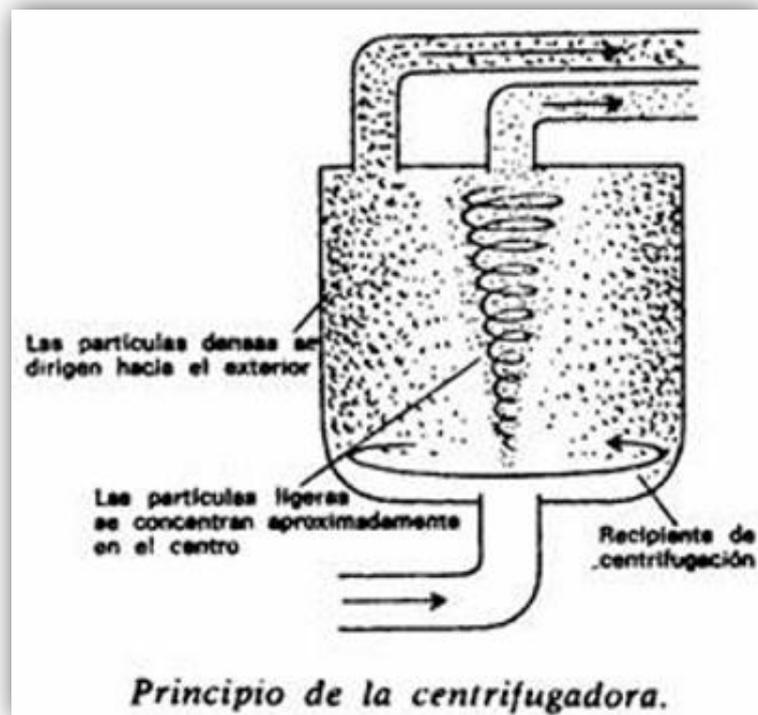


Gráfico 2.2: PRINCIPIO DE CENTRIFUGACIÓN

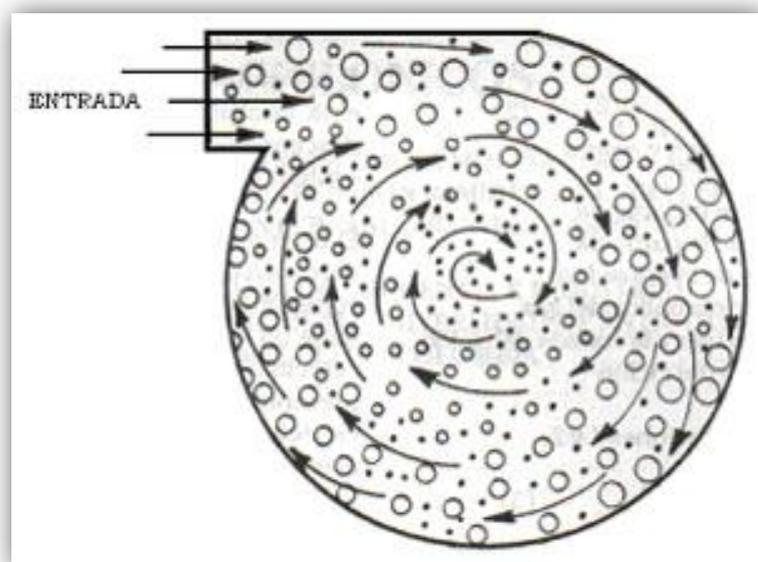


Gráfico 2.3: PRINCIPIO DE CENTRIFUGACIÓN

2.1.3. Proceso de extracción a través de colectores húmedos.

El proceso consiste en introducir aire contaminado con partículas a cámaras llamadas colectores húmedos, de manera que las partículas contaminantes sean atrapadas en gotas de agua, las cuales circulan por el colector y luego se procede a eliminar del agua los contaminantes atrapados (Gráfico 2.4 – 2.5)

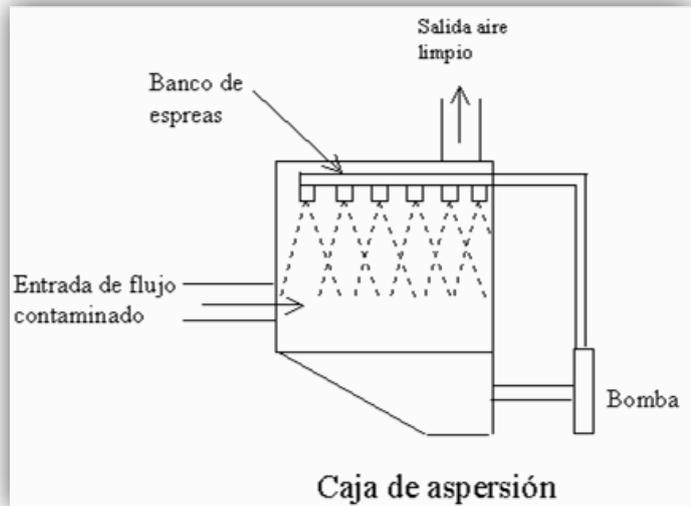


Gráfico 2.4: PRINCIPIO LAVADO DE GASES

En los colectores húmedos, también puede haber algunas reacciones químicas o térmicas que pueden ayudar al control de emisiones de gases, por ejemplo si se tienen una emisión de óxidos de azufre (SO_x) u óxidos de nitrógeno (NO_x) al mezclarse con el agua se podrá tener ácido sulfúrico o nítrico, los que se pueden controlar en el equipo.

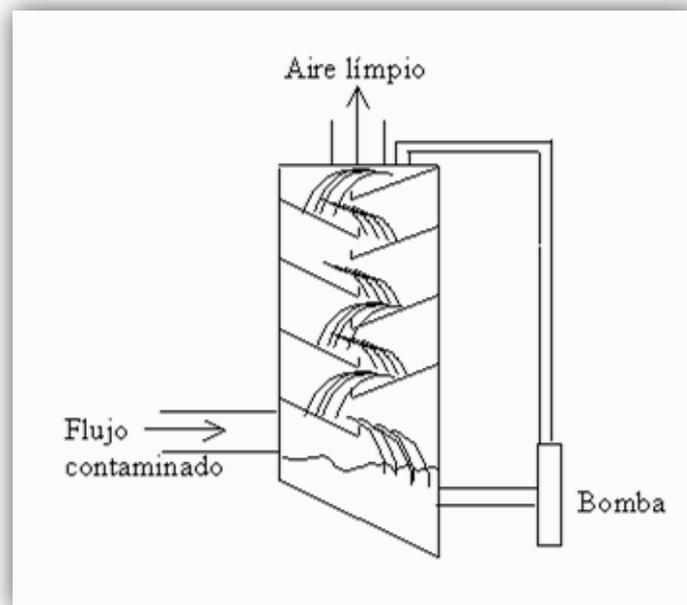


Gráfico 2.5: PRINCIPIO LAVADO DE GASES

2.1.4. Proceso de extracción a través de filtros de tela.

En estos equipos consiste en introducir el flujo contaminado por un medio filtrante que por lo regular es de tela (*Gráfico 2.6 – 2.7*). Su eficiencia es muy alta y su caída de presión es media, pueden manejar grandes volúmenes y su potencia es media. Son equipos de gran eficiencia ya que llegan a capturar partículas de menos de 0.5 de micra con 99% de eficiencia. Sus limitantes son la temperatura y la humedad; ya que no pueden manejar flujos a más de 200 °C y deben estar totalmente secos, de lo contrario se queman las bolsas o se apelmaza el polvo y tapan las bolsas.

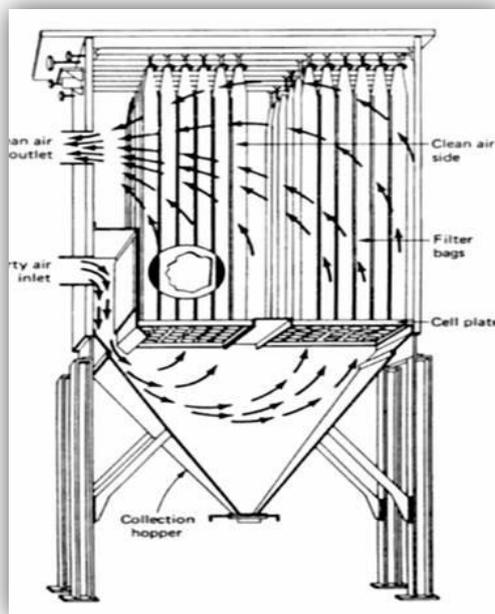


Gráfico 2.6: PRINCIPIO FILTROS DE TELA

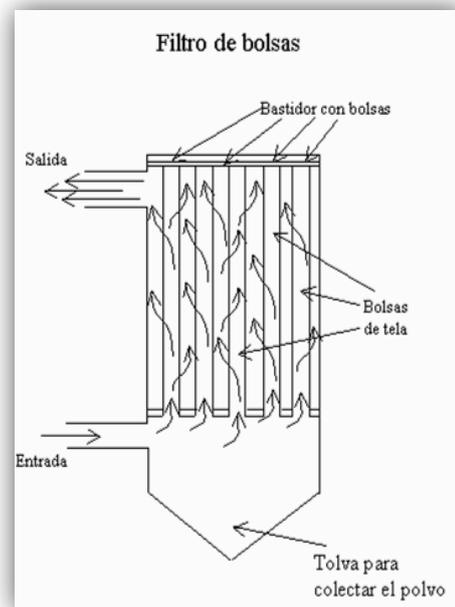


Gráfico 2.7: PRINCIPIO FILTROS DE TELA

2.1.5. Proceso de extracción a través de precipitadores electrostáticos.

Este proceso consiste en el uso de un equipo de muy alta eficiencia que funciona al ionizar las partículas contaminantes, posteriormente éstas pasan entre unas placas con carga contraria a la de la ionización por lo que se adhieren a éstas (*Gráfico 2.8*)

Cuando las placas se encuentran impregnadas con los contaminantes son descargadas y sacudidas para que los contaminantes caigan a una tolva inferior. Los precipitadores electrostáticos son los equipos más eficientes para el control de

partículas de menos de 0.2 micras con eficiencia superior a 99%, su caída de presión es muy baja y pueden manejar grandes volúmenes.

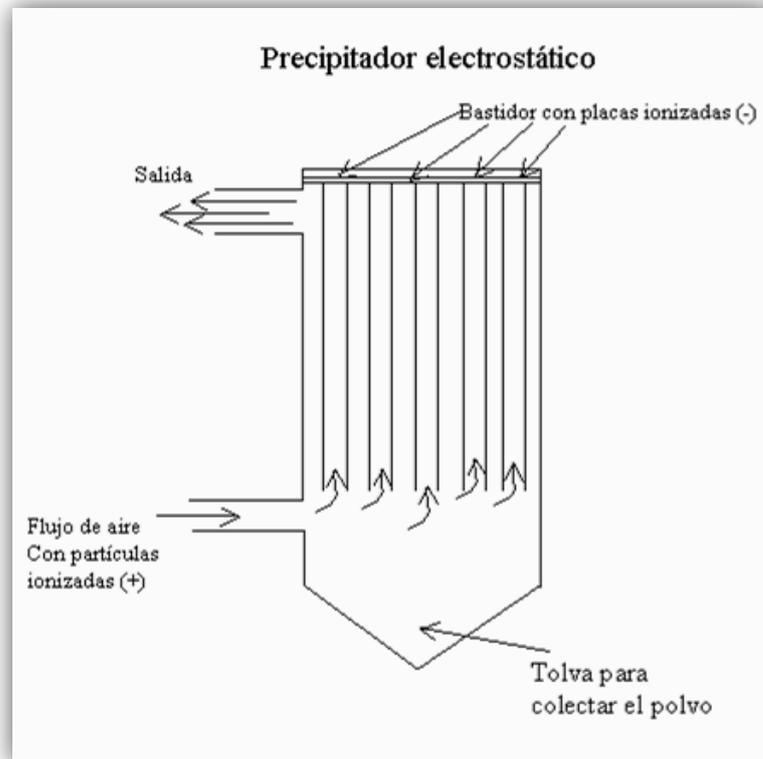


Gráfico 2.8: PRINCIPIO PRECIPITACIÓN ELECTROESTÁTICA

2.2. SISTEMAS DE EXTRACCIÓN DE POLVO UTILIZADOS EN LA INDUSTRIA¹³

Dentro de los sistemas de extracción de polvo empleados en la industria; el tipo de equipo a utilizar para controlar un contaminante del tipo partícula, no sólo depende del tamaño de las mismas, también son muy importantes sus características físicas y químicas. De nada servirá un filtro de tela con material húmedo o con alta temperatura, tampoco funcionará un precipitador electrostático si el material a capturar no se puede ionizar. Por ello se deberán conocer las características físicas, químicas y limitaciones operativas de los equipos de control.

¹³ "MANUAL DE VENTILACIÓN DE MINAS"- INSTITUTO DE INGENIEROS DE MINAS DEL PERÚ

A continuación (*Tabla 2.1*) se hace una pequeña descripción de los equipos de control de polvos y gases de manera que se establecen sus características de operación.

Tabla 2.1: CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DE EQUIPOS

| EQUIPO | RANGO DE PARTÍCULAS QUE ATRAPA EN MICRAS |
|--------------------------------|---|
| Precipitadores electrostáticos | 0.01 a 90 |
| Torres empacadas | 0.01 a 100 |
| Filtros de papel | 0.005 a 8 |
| Filtros de tela | 0.05 a 90 |
| Lavadores de gases | 0.05 a 100 |
| Separadores centrífugos | 5 a 1000 |
| Cámaras de sedimentación | 10 a 10000 |

2.2.1. PRECIPITADOR ELECTROSTÁTICO¹⁴



Gráfico 2.9: PRECIPITADOR ELECTROESTÁTICO INDUSTRIAL

Un precipitador electrostático (*Gráfico 2.9*) (ESP por sus siglas en inglés), o un filtro de aire electrostático es un dispositivo que remueve partículas de un gas que fluye (como el aire) usando la fuerza de una carga electrostática inducida.

¹⁴ *Wikipedia.org - Precipitadores electrostáticos*

Los precipitadores electrostáticos son dispositivos de filtración altamente eficientes, que pueden remover fácilmente finas partículas como polvo y humo de la corriente de aire.

El precipitador más básico contiene una fila de alambres finos, seguido por pilas de placas planas de metal espaciadas aproximadamente 1 centímetro. La corriente de aire pasa a través de los espacios entre los alambres y después atraviesa el apilado de placas.

Una fuente de alto voltaje transfiere electrones de las placas hacia los alambres, desarrollando así una carga negativa de varios miles de voltios en los alambres, relativa a la carga positiva de las placas. Mientras que la materia de partículas atraviesa la fuerte carga negativa de los alambres, la materia de partículas toma la carga negativa y se ioniza. Las partículas ionizadas entonces pasan a través de las placas cargadas positivamente, siendo atraídas por éstas placas (*Gráfico 2.10*)

Una vez que las partículas están en contacto con la placa positiva, entonces ceden sus electrones y se convierten en partículas cargadas positivamente como la placa, y comienzan a actuar así como parte del colector. Debido a este mecanismo, los precipitadores electrostáticos pueden tolerar grandes cantidades de acumulación de residuo en las placas de recolección y seguir funcionando eficientemente, puesto que la materia por sí misma ayuda a recolectar más materia de la corriente de aire.

La falla del precipitador usualmente solo ocurre una vez que se haya formado en las placas una acumulación muy pesada de material. La acumulación puede llegar a ser bastante pesada como para bloquear la circulación de aire, o puede ser bastante densa como para ocasionar un corto circuito al permitir que la corriente atraviese el aislamiento. (Esto típicamente no daña la fuente de alimentación, pero detiene efectivamente la precipitación electrostática adicional).

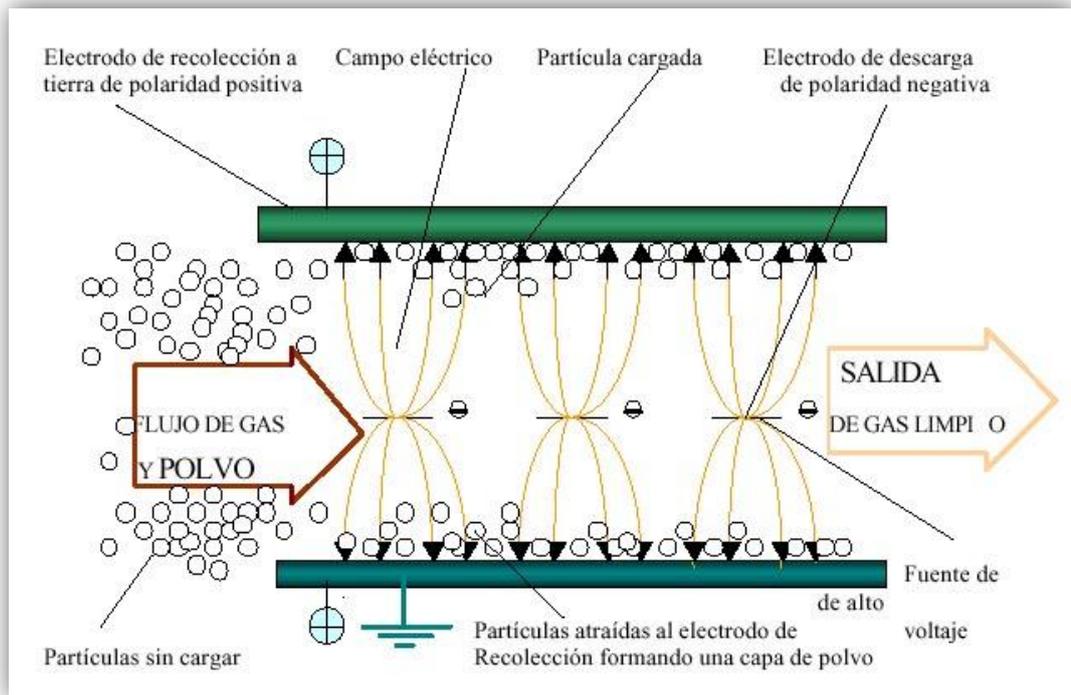


Gráfico 2.10: TRABAJO DE IONIZACIÓN DE PARTÍCULAS

Precipitadores electrostáticos industriales modernos

Los precipitadores electrostáticos continúan siendo dispositivos excelentes para el control de muchas emisiones de partículas industriales, incluyendo el humo de instalaciones de generación eléctrica (alimentados por carbón o aceite), recolección de torta salina de los calentadores de licor negro en las plantas de pulpa de celulosa y recolección del catalizador de las unidades de conversión catalítica de lecho fluidizado en las refinerías, por nombrar algunos.

Estos dispositivos tratan volúmenes del gas de varios cientos de miles de ACFM (pies cúbicos por minuto actuales, por sus siglas en inglés) a 2.5 millones de ACFM en las aplicaciones de caldera más grandes (alimentadas por carbón).

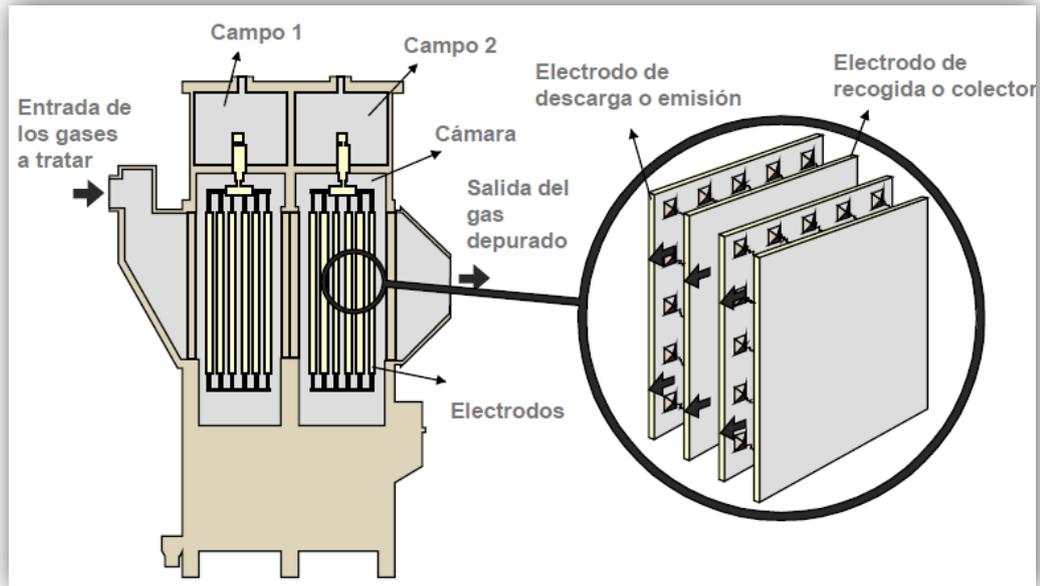


Gráfico 2.11: PRINCIPALES PARTES DE UN PRECIPITADOR ELECTROESTÁTICO

La placa paralela original - el diseño cargado del electrodo (**Gráfico 2.11**) ha evolucionado a medida que nuevos diseños del electrodo de descarga más eficientes (y robustos) han sido desarrollados. Hoy en día estos desarrollos se han concentrado en electrodos de descarga rígida a los que se adhieren muchas púas puntiagudas, maximizando la producción de la corona.

Los sistemas de transformación - rectificación aplican voltajes de 50-100 kilovoltios en las densidades relativamente de gran intensidad. Los controles modernos reducen al mínimo el chisporroteo y previenen la formación de arcos, evitando daño a los componentes. Los sistemas automáticos de golpeo y los sistemas de la evacuación de la tolva quitan la materia de partículas recogida mientras que están en línea, permitiendo que ESP's permanezca en funcionamiento por años a la vez.

Precipitador electrostático húmedo

La precipitación electrostática es típicamente un proceso seco, pero el rocío de agua ayuda al flujo entrante a recoger partículas excepcionalmente finas, y ayuda a reducir la resistencia eléctrica del material seco entrante para hacer el proceso más efectivo.

Un precipitador electrostático húmedo combina el método operacional de un depurador mojado con el de un precipitador electrostático para hacer auto-limpieza, auto-lavado aún con un dispositivo de alto voltaje.

2.2.2. FILTROS DE TELA Y PAPEL (MANGAS)¹⁵

Los filtros (*Gráfico 2.12*) son materiales porosos a través de los cuales se hace pasar una corriente gaseosa cargada de partículas, que quedarán retenidas en el filtro. La mayoría de los filtros de tela tienen un tamaño de poro bastante grande en relación con las partículas que se quieren eliminar, pero el poder de filtración radica en la acumulación de partículas en la superficie del filtro, que forma una torta que colabora fuertemente en el poder de retención de partículas.



Gráfico 2.12: FILTROS DE MANGAS

Alcanzado cierto límite de volumen de las tortas, la pérdida de presión es elevada, lo que motiva que los filtros tengan sistemas de limpieza periódica depositando la torta formada en una tolva. Habitualmente la limpieza requiere de una parada del sistema o al menos del compartimento en limpieza. Con este tipo de equipos pueden conseguirse rendimientos mayores del 99% independientemente de las características de gas, haciendo posible la separación de partículas de un tamaño del orden de 0.01 micras.

Una unidad de filtro de tela consiste de uno o más compartimientos aislados conteniendo hileras de bolsas de tela, en la forma de tubos redondos, planos o de cartuchos plisados. El gas cargado de partículas pasa generalmente a lo largo del área de las bolsas y luego a través de la tela. Las partículas son retenidas en la cara de las bolsas corriente arriba y el gas limpio es ventilado hacia la atmósfera.

La característica de operación principal de los filtros de tela que los distingue de otros filtros de gas es la capacidad de renovar la superficie de filtración periódicamente por medio de limpiezas, sin tener que desecharlos cada vez que se ha alcanzado una importante acumulación de polvo (*Tabla 2.2*)

¹⁵ FUNDAMENTOS DE LA CIENCIA DE LOS MATERIALES - WILLIAM F. SMITH 2DA. EDICIÓN - MC-GRAW-HILL

Tabla 2.2: CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LOS MATERIALES FILTRANTES¹⁶

| MATERIAL FILTRANTE | TEMP. (°C) | RESISTENCIA AL ÁCIDO | RESISTENCIA A LAS BASES |
|--------------------|------------|---|--|
| Algodón | 82 | Deficiente | Muy Buena |
| Creslan | 121 | Buena en ácidos minerales | Buena en base débil |
| Dacron | 135 | Buena en la mayoría de los ácidos minerales, se disuelve parcialmente en H ₂ SO ₄ concentrado | Buena en base débil, Mediana en base fuerte |
| Dynel | 71 | Poco efecto aún en concentración alta | Poco efecto aún en concentración alta |
| Fiberglas | 260 | Mediana a Buena | Mediana a Buena |
| Filtron | 130 | Buena a Excelente | Buena |
| Nextel | 760 | Muy buena | Buena |
| Nomex | 190 | Mediana | Excelente a temperatura baja |
| Nylon | 93 | Mediana | Excelente |
| Orlon | 126 | Buena a Excelente en ácidos minerales | Mediana a Buena en bases débiles |
| P84 | 246 | Buena | Buena |
| Polipropileno | 93 | Excelente | Excelente |
| Ryton | 190 | Excelente | Excelente |
| Teflón | 232 | Inerte excepto al fluro | Inerte excepto al trifluoruro, el cloro y los metales alcalinos derretidos |
| Lana | 93 | Muy buena | Deficiente |
| Fibra de vidrio | 550 | muy buena en concentraciones moderadas | muy buena en concentraciones moderadas |

2.2.3. LAVADORES DE GASES

Hay tres tipos de Lavadores de Gases, también conocidos como colectores húmedos:

Colectores de baja energía

Son aquellos en los que el flujo de aire contaminado pasa por una niebla o cortina de agua (*Gráfico 2.13*). Son para atrapar partículas de más de 50 micras o para hacer reacciones químicas o térmicas con los contaminantes. Los más conocidos son las cajas de aspersion en los que el flujo contaminado pasa entre el agua que es aspersada por unas boquillas.

¹⁶ Técnicas de Control de Materia Particulada Fina Proveniente de Fuentes Estacionarias - Kenneth Woodard - U.S. Environmental Protection Agency

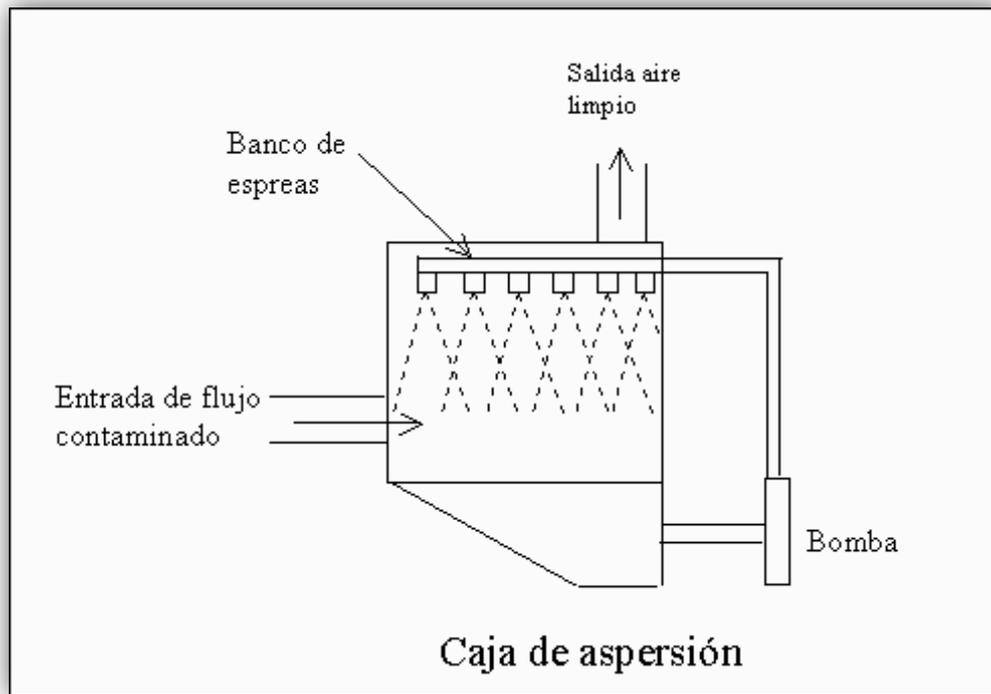


Gráfico 2.13: CAJA DE ASPERSIÓN

En los colectores húmedos lo que se hace es atrapar a las partículas contaminantes en las gotas de agua que circulan por el colector y luego eliminar del agua los contaminantes atrapados.

También entre estos equipos se encuentran las casetas de pintura con cortina de agua.

Lavadores de energía media o scrubbers

En ellos, el flujo de contaminantes pasa por una serie de mamparas con cortinas de agua o junto a las paredes húmedas de los lavadores, las partículas del contaminante se unen al agua y luego ésta es tratada para separarla de los contaminantes.

El tipo más simple de lavador es una torre de rociado (**Gráfico 2.14**). En este caso, se producen gotas líquidas por medio de boquillas de rocío que interceptan el material particulado de la corriente de gas en ascenso.

El mecanismo de separación es el de impacto en el que la partícula de ceniza choca contra la obstrucción y es arrastrada por la corriente laminar de agua. Requiere un tamaño mínimo de la partícula de ceniza de carbón de 10 micras.

Las gotas de agua deben tener tamaños entre 500 a 1.000 micras de diámetro para que la velocidad de sedimentación sea mayor que la velocidad ascensional del gas, que está alrededor de 2 a 4 pies / seg.

Las boquillas tradicionales de cono completo son las que se utilizan con mayor frecuencia.

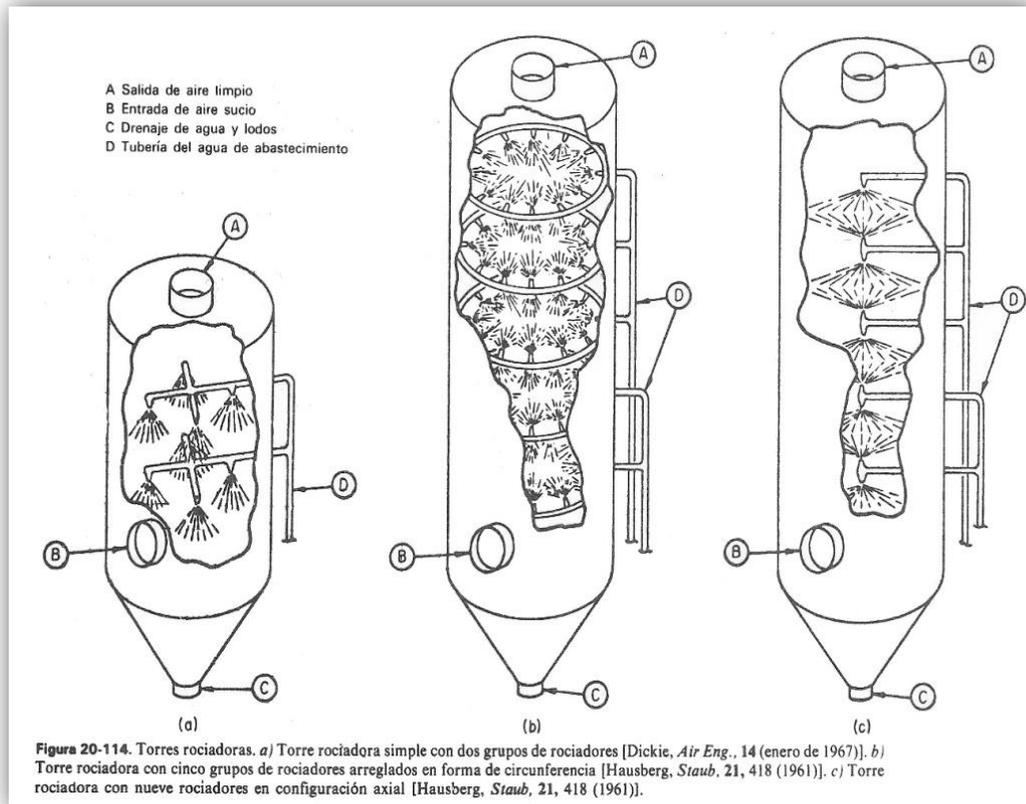


Gráfico 2.14: TORRES ROCIADORAS

Agglomeradores de alta energía

Son aquellos equipos que utilizan la energía para mezclar con gran eficiencia a las emisiones y el agua, los equipos más conocidos son los venturís de alta energía (**Gráfico 2.15 - 2.16**). Estos equipos logran capturar con 99% de eficiencia a partículas de 0.5 de micra. Para lograr estas eficiencias se llegan a tener caídas de presión hasta de 40 pulgadas de agua, lo que implica el uso de mucha potencia.

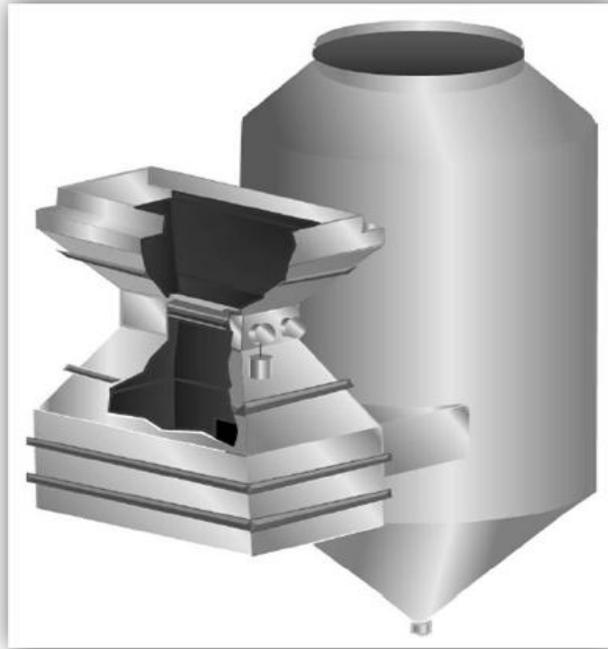


Gráfico 2.15: Lavador Venturi con Separador Ciclónico - Tamaños 20 - 70

Los Lavadores de Gas tipo Venturi son empleados extensamente en aplicaciones donde se requiere la captura de partículas submicrónicas así como de altas eficiencias de colección. El diseño vertical permite que el agua se distribuya de manera uniforme sin que se aglomere el material colectado y elimina los problemas de abrasión. Los lodos pueden concentrarse hasta en un 10% en peso con el empleo de una bomba de recirculación. De éste modo, la cantidad de agua a filtrar es menor.

Los gases que entran en el Lavador son dirigidos hacia un Venturi inundado con líquido a través de un ducto seco mientras que el líquido es introducido en una cámara de distribución cubierta, como resultado, no existe interferencia fase húmedo/seco la cual podría provocar la aglomeración del polvo.

El ducto de entrada ayuda a direccionar los gases a la garganta del Venturi que se encuentra completamente inundada y el líquido actúa como una capa protectora que elimina el choque térmico y minimiza la abrasión debida a las partículas de polvo.

A medida que el líquido desciende por la garganta debido a su propio peso, la alta velocidad del gas fragmenta el líquido creando una densa niebla de gotas muy finas. La niebla captura las partículas a través del impacto, intercepción o difusión browniana. Los gases y la niebla generada entran en una cámara de separación donde el polvo adherido a las gotas de agua es separado del gas y se escurre hasta la parte inferior del tanque. El gas limpio sale del lavador hacia un ventilador o chimenea.

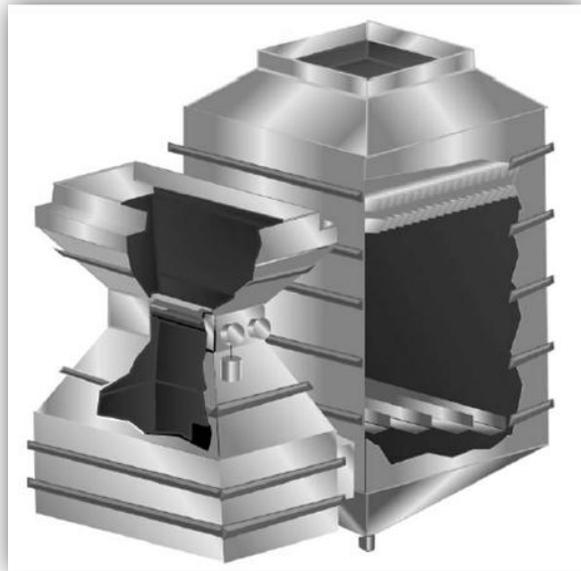


Gráfico 2.16: Lavador Venturi con Separador y Eliminador de Nieblas - Tamaños 100 – 250

2.2.4. SEPARADORES CENTRÍFUGOS

Dependiendo del mecanismo utilizado para realizar su trabajo, las centrífugas se clasifican en:

Centrífugas hidráulicas

Para este tipo de centrífuga es necesario un litro de agua por segundo para un H.P. Cuando la presión se aplica con una bomba centrífuga, ésta tiene generalmente, un rendimiento propio de 0.65 a 0.80. Las bombas bien construidas, llegan fácilmente a 0.75.

Centrífugas de banda

Este tipo de centrífugas se reúne en baterías movidas por un eje longitudinal común que, a su vez, es mandado por un motor. Los ejes de las centrífugas son verticales y por lo tanto, la transmisión necesita poleas locas para el regreso de la banda. El eje longitudinal gira comúnmente a una velocidad de aproximadamente un tercio de la de las máquinas. El cálculo de las centrífugas de banda, se hace a partir del par y de

la aceleración angular, pudiendo considerarse ésta como constante durante el período de arranque.

Centrífugas de mando eléctrico

Estas máquinas se manejan con un motor eléctrico vertical, cuyo eje es continuación del eje de la centrífuga. El mando de la máquina se efectúa por medio de un embrague de fricción consistente en dos zapatas de material flexible provistas de dos balatas de fricción y convenientemente cargado. Las zapatas están fijas al eje del motor y giran dentro de un tambor que a su vez está fijo al eje de la centrífuga, resbalan al principio, arrastrando la centrífuga que gira más y más rápidamente y al fin de determinado tiempo las zapatas se adhieren completamente. La rapidez de aceleración puede modificarse considerablemente, modificando el peso de carga de las zapatas o cambiando el grueso de la banda flexible de que están hechas.

Centrífugas continuas

Este tipo de centrífuga gira a velocidad constante, por tal razón usa menos controles. Esto hace que el costo de mantenimiento sea menor. El canasto es cónico con ángulos entre 30 y 34 grados. Este ángulo permite a las partículas subir y ser descargado en la parte superior del canasto debido a la fuerza centrífuga.

Centrífuga tipo botella

Es un separador tipo lote, el cual es usado primordialmente para investigaciones, pruebas o controles. La separación toma lugar en un tubo de ensayo o en un envase tipo botella, el cual es simétricamente montado en una vara vertical. La vara de una centrífuga de este tipo esta usualmente dirigida por un motor eléctrico, turbo-gas, o por un mecanismo de tren dirigido manualmente localizado encima o debajo del rotor.

Este tipo de centrífugas es un equipo estándar para la mayoría de los laboratorios biológicos, químicos o médicos. Son usados para separar materiales sólidos en suspensión o para clarificar líquidos cuando las precipitaciones no suceden en un tiempo razonable en el campo gravitatorio.

Centrífugas tipo canasta

Estas centrífugas son llamadas a menudo “centrífugas filtro o clarificadores”. Tienen una pared perforada y un rotor tubular cilíndrico. En la mayoría de los casos para pared externa la centrífuga consiste en una fina malla metálica o una serie de mallas soportadas por una pesada malla gruesa, la cual a su vez es soportada por un plato.

El líquido pasa a través de la malla, y las partículas muy largas se depositan en esta.

Centrífugas tipo vacuum

En estas centrífugas, el rotor gira en aire o algún otro gas a presión atmosférica. La fricción gaseosa en el rotor giratorio aumenta a un promedio relativamente alto, tal así que la energía requerida por el motor aumenta también. Esto da como resultado que la temperatura del rotor aumenta drásticamente, algunas veces excediendo el punto de ebullición del agua.

Estas centrífugas pueden ser usadas para la determinación de pesos moleculares de prácticamente todas las sustancias en solución. En centrífugas modernas, los conductores de aire han sido reemplazados por conductores con motores eléctricos más eficientes. Las centrífugas tipo vacuum son utilizadas para purificar muchos materiales biológicos que no pueden ser fácilmente separados por otros métodos.

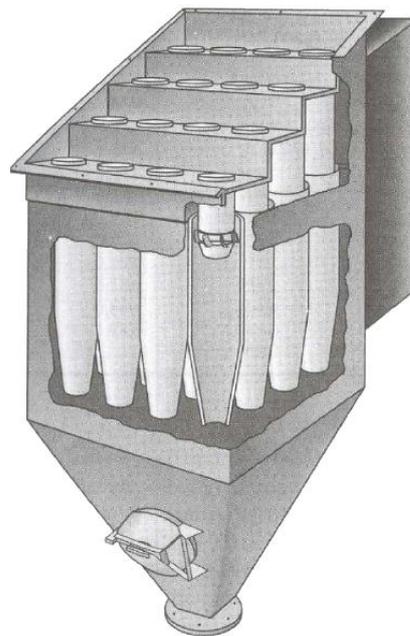


Gráfico 2.17: MULTICLÓN O MULTICENTRÍFUGO

2.2.5. CÁMARAS DE SEDIMENTACIÓN

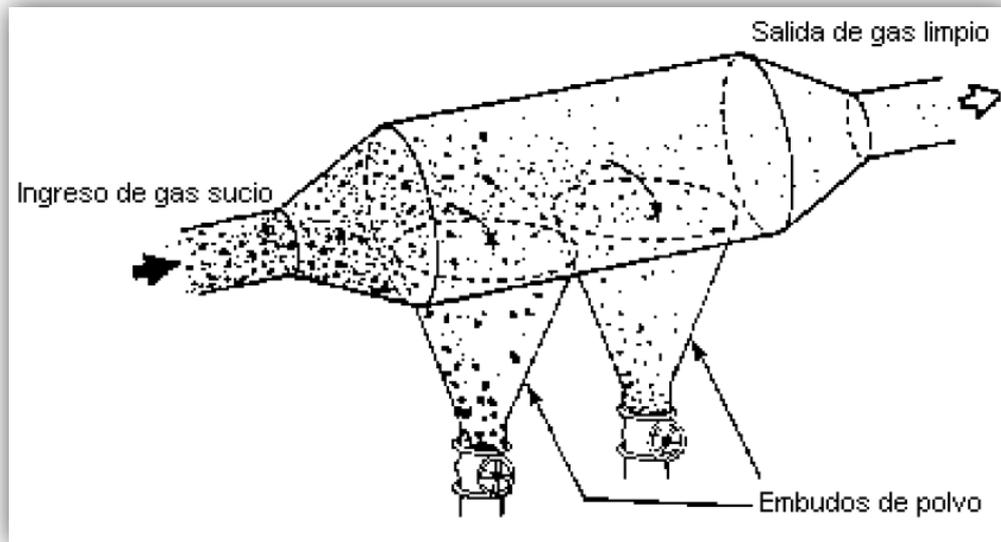


Gráfico 2.18: CÁMARAS CILÍNDRICAS DE SEDIMENTACIÓN

El diseño de estos equipos es muy sencillo, pero para ello debemos evaluar la velocidad de las partículas en su caída con respecto a la velocidad del gas, de manera que si las partículas tienen tiempo para sedimentar, es decir, recorrer la altura hasta la tolva de recolección, en la longitud de la cámara, entonces la partícula quedará atrapada (*Gráfico 2.17*). En caso contrario la partícula será arrastrada por la corriente gaseosa. (*Gráfico 2.18*)

El dimensionamiento de una cámara de sedimentación dependerá del caudal de gas a tratar y de la eficiencia y el tamaño de partícula que queramos separar. Como normalmente son usados como un pre-tratamiento para el enfriamiento del gas y la eliminación de las partículas más gruesas, no se usarán longitudes descomunales para mejorar la eficiencia con partículas pequeñas.

2.3. VENTAJAS Y DESVENTAJAS ENTRE LAS TECNOLOGÍAS

PRECIPITADOR ELECTROSTÁTICO

Ventajas

- Bajo requerimiento de personal para su manejo.
- Eficiencia de recolección muy alta para partículas gruesas y finas, lograda con un gasto relativamente bajo de energía
- Recolección en seco
- Baja caída de presión (< 0.5 in de agua)
- Diseñados para operación continua con requerimientos mínimos de mantenimiento
- Costo de operación relativamente bajo
- Capacidad para operar a altas presiones o al vacío
- Capacidad para operar a altas temperaturas
- Capacidad para manejar en forma eficiente velocidades de flujo de gas relativamente altas

Desventajas

- Alto consumo de energía eléctrica.
- Alto costo de capital
- Muy sensible a cambios en las condiciones de la corriente gaseosa, especialmente el flujo, la temperatura, la composición del gas y las partículas (con su respectiva carga)
- Ciertas partículas son difíciles de recolectar debido a características de resistividad relativamente altas o bajas
- Se requieren espacios grandes para su instalación
- Riesgo de explosión al recolectar partículas o tratar gases combustibles
- Se requieren medidas especiales de seguridad para proteger al personal de una descarga
- Durante la ionización del gas, se produce ozono, por la descarga del electrodo cargado negativamente
- Se requiere personal de mantenimiento altamente capacitado

FILTROS DE TELA Y PAPEL (MANGAS)

Ventajas

- Bajos costos de inversión.
- Eficiencia de recolección muy alta de partículas gruesas y finas
- La eficiencia y caída de presión casi no se ven afectadas por cambios grandes en la carga de entrada de polvo, para filtros que se limpian continuamente.
- En muchos casos, el aire de salida del filtro se puede recircular a la planta.
- El material recolectado se recupera seco, para su posterior procesamiento.
- Por lo general, la corrosión y oxidación de las partes no es problema.
- Se dispone de filtros en muchas configuraciones, por lo que hay gran variedad de dimensiones para adecuarse a los requerimientos de la instalación.
- Operación relativamente sencilla.

Desventajas

- Las temperaturas que exceden los 288 °C requieren material refractario especial o telas metálicas costosas
- Ciertos tipos de polvos requieren posiblemente telas tratadas.
- Las concentraciones de algunos polvos en el colector constituyen un riesgo de incendio o explosión si penetran chispas o llamas por accidente; existe la posibilidad de quemar las telas si se recolectan polvos fácilmente oxidables.
- Requerimientos de mantenimiento relativamente altos (reemplazo de las mangas, etc.)
- A temperaturas elevadas se puede acortar la vida de la tela, así como en presencia de partículas ácidas o alcalinas y componentes gaseosos
- La condensación de humedad y componentes alquitranados adhesivos pueden causar taponamiento o agrietamiento de la tela, o requerir aditivos especiales
- El reemplazo de las telas requiere de protección respiratoria para el trabajador
- La caída de presión es del orden de 4 – 10 in de agua.

LAVADORES DE GASES

Ventajas

- Poca necesidad de mantenimiento.
- Bajos consumos de energía.
- No son fuentes secundarias de polvo
- Requerimientos de espacio relativamente pequeños
- Capacidad para recolectar gases y partículas
- Capacidad para manejar corrientes de gas a altas temperaturas y con alto contenido de humedad
- Bajo costo de capital (si no requiere PTAR)
- Capacidad para lograr alta eficiencia de recolección de partículas finas (a expensas de una alta caída de presión)

Desventajas

- Costos de inversión elevados.
- Probable generación de problemas de tratamiento de agua
- Producto recolectado en húmedo
- Problemas de corrosión más graves que los sistemas en seco
- Caídas de presión y requerimientos de potencia pueden ser elevados
- Acumulación de sólidos en la interfase húmeda – seca puede ser un problema
- Costos de mantenimiento relativamente alto

SEPARADORES CENTRÍFUGOS

Ventajas

- Alto nivel de eficiencia con partículas de entre 5 a 1000 micras.
- No existen limitaciones con flujos húmedos.
- Bajo costo de construcción
- Equipo relativamente sencillo con pocos problemas de mantenimiento
- Caídas de presión relativamente bajas (2 – 6 in de agua)

- Limitaciones de temperatura y presión impuestas exclusivamente por los materiales de construcción utilizados
- Recolección y colocación final en seco
- Requerimiento de espacio pequeño

Desventajas

- Eficiencia de recolección baja, para partículas pequeñas
- Incapacidad para manejar materiales pegajosos

CÁMARAS DE SEDIMENTACIÓN

Ventajas

- Alto nivel de eficiencia con partículas de entre 10 a 10000 micras.
- No existen limitaciones en flujos de temperaturas elevadas.
- No existen limitaciones con flujos húmedos.
- Empleo de baja cantidad de energía.

Desventajas

- Alto costo de capital y operacional.
- Alta necesidad de mantenimiento.
- Caída de presión de flujo, considerable.

CUADRO COMPARATIVO

Para distinguir algunas características principales y que se pueda confrontar frente a otras tecnologías, se ha creído pertinente preparar un cuadro comparativo en donde se pueda apreciar las bondades o debilidades entre cada tecnología (*Tabla 2.3*)

Tabla 2.3: VENTAJAS Y DESVENTAJAS ENTRE TECNOLOGÍAS

| CUADRO COMPARATIVO ENTRE TECNOLOGÍAS EN LA RECOLECCION DE POLVOS | | | | | |
|---|--|---|--|--|--|
| <i>PRINCIPALES CARACTERISTICAS</i> | <i>PRECIPITADOR ELECTROÉSTATICO</i> | <i>FILTROS DE MANGAS</i> | <i>LAVADORERS DE GASES</i> | <i>SEPARADORES CENTRÍFUGOS</i> | <i>CÁMARAS DE SEDIMENTACIÓN</i> |
| EFICIENCIA DE RECOLENCION | Muy alta para partículas gruesas y finas | Muy alta en partículas gruesas y finas | Alta para partículas finas (a expensas de una alta caída de presión) | Alta con partículas de entre 5 a 1000 micras | Alta con partículas de entre 10 a 10000 micras |
| CAIDA DE PRESION | Baja (< 0.5 in de agua) | La caída de presión es del orden de 4 – 10 in de agua | Pueden ser elevados | Relativamente bajas (2 – 6 in de agua) | Considerable |
| COSTO INICIALIZACIÓN | Alto costo de capital | Bajos costos de inversión | Bajo costo de capital (si no requiere PTAR) | Bajo costo de construcción | Alto costo de capital y operacional |

2.4. SELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA MÁS IDONEA Y CONCLUSIONES

Para definir cuál es la tecnología que se utilizará en el presente proyecto es necesario recapitular los diferentes datos recolectados en este documento.

Ante todo recordamos que estamos trabajando con **polvo**, el mismo que posee características físicas en cuanto a su diámetro, inferior a diez micras y por ende se lo denomina material particulado (PM10).

Además dicho polvo se compone de residuos de una mezcla de algodón, almidón, poliéster, entre otros aglutinantes pertenecientes a las características físicas de cada hilo de la tela, los mismos que al entrar en fricción unos con otros generan este material particulado.

Dado ello es que se ha investigado criterios de selección para determinar cuál es la tecnología idónea para recolectar el polvo presente en el área de estudio, y como resultado se presenta en el *Tabla 2.4* algunos materiales que sirven como referencia para dicho estudio.

No se ha encontrado específicamente material particulado de residuos de algodón, almidón y aglutinantes. Es por ello que en dicha tabla se ha tomado como referencia el polvo de harina, ya que es muy similar al material en estudio, con respecto al tamaño de su partícula.

Considerando las características expuestas en dicha tabla, podemos apreciar y distinguir las recomendaciones para uso e implementación de los sistemas de extracción de polvo frente a los materiales que van a ser extraídos.

Las características del polvo en la planta coinciden con las señaladas en la tabla, tales como el tamaño de la partícula (medio).

Según esta información, a menudo se da el uso de mangas filtrantes o también llamados filtros de tela, y de igual manera el uso de ciclones para la extracción del polvo en estudio.

Ahora bien, para que se establezca una decisión entre cuál de éstas dos tecnologías utilizar, es estrictamente necesario considerar tanto características de eficiencia al igual que características económicas de inversión, las cuales son necesarias para una

futura implementación de parte de la institución, como referencia se puede nuevamente citar la tabla comparativa entre tecnologías (*Tabla 2.3*)

Podemos apreciar que los filtros de mangas requieren de un bajo costo de inversión y su mantenimiento tampoco tiene un alto costo.

De igual forma al filtrar mediante mangas, podemos desechar el polvo de una manera correcta sin que afecte de alguna forma al medio ambiente. Es así que si se optara por un lavado de gases, provocaríamos que el agua desechada se convierta en una masa puesto que este polvo contiene componentes de aglutinantes y gomas en sus características.

Tabla 2.4: CUADRO COMPARATIVO ENTRE TECNOLOGÍAS PARA CADA INDUSTRIA Y OPERACIÓN

| INDUSTRIA Y OPERACION | CONCENTRACION (1) | TAMAÑO DE PARTICULA (2) | CICLON | COLECTOR HUMEDO | FILTRO DE TELA | PRECIPITADOR ELECTROSTATICO | |
|--|----------------------|----------------------------|--------|-----------------|----------------|-----------------------------|--------------|
| | | | | | | VOLTAJE ALTO | VOLTAJE BAJO |
| Transporte de granos, molinos de harina y pienso: | | | | | | | |
| Manejo de granos | Ligera | Medio | A | R | A | N | N |
| Secado de granos | Ligera | Grueso | R | R | A | N | N |
| Polvo de harina | Moderada | Medio | A | R | A | N | N |
| Molienda de pienso | Moderada | Medio | A | R | A | N | N |
| Fundición de metal: | | | | | | | |
| Horno de fundición de acero | Pesada | Varía | N | A | R | R | N |
| Horno de acero de hogar abierto | Moderada | Fino a grueso | N | A | R | R | N |
| Horno eléctrico | Ligera | Fino | N | R | A | R | N |
| Horno cúpula ferrosa | Moderada | Varía | N | A | A | N | — |
| Minería metálica y productos de roca: | | | | | | | |
| Manejo de material | Moderada | Fino a medio | N | A | A | N | N |
| Secadores, hornos | Moderada | Medio a grueso | N | A | A | A | N |
| Secado de cemento | Moderada | Fino a medio | N | R | R | R | N |
| Horno de cemento | Pesada | Fino a medio | — | — | — | — | — |
| Molienda de cemento | Moderada | Fino | N | N | A | N | N |
| Enfriado de clinker de cemento | Moderada | Grueso | N | N | A | N | N |
| Trabajo en metal: | | | | | | | |
| Pulido, cepillado, corte | Ligera | Grueso | A | R | A | N | N |
| Brillo | Ligero | Varía | R | R | A | N | N |
| Taller | Ligera | Fino | R | A | R | N | N |
| Fresado de hierro | Moderada | Varía | A | A | A | N | R |

(1) Ligera = menos de 2 g/28.32 cm³
 Moderada = 2 a 5 g/28.32 cm³
 Pesada = > 5 g. 28.32 cm³

(2) Fino: 50% < de 5 x 10⁻⁶ m
 Medio: 50% de 5 a 15 x 10⁻⁶ m
 Grueso: 50% de 15 x 10⁻⁶ m y más

A: A menudo
 R: Rara vez
 N: Nunca

CAPITULO III

CAPITULO III

DISEÑO DEL SISTEMA PARA LA EXTRACCIÓN DE POLVOS

Una vez ya determinada una necesidad indispensable en esta planta productora “Telartec”, como es el problema de manejo de polvos, y su recolección; se procede con cálculos, dimensionamiento y análisis, para fundamentar la propuesta del sistema de extracción de polvos.

3.1. PROCEDIMIENTOS ANALÍTICOS DE CÁLCULO ¹⁷

Es necesario conocer información técnica que respalde las decisiones y los diseños propuestos para dicho sistema. Es por ello que en este subcapítulo se detalla los métodos analíticos utilizados en el proceso de este diseño.

3.1.1. Flujo volumétrico de extracción de aire contaminado.

Para dimensionar los componentes del sistema, es obligatorio conocer el volumen de aire que deberá transportar, este se lo puede determinar relacionando el flujo de masa de polvo que va a ser capturado con una carga de sólidos-aire en fase diluida $R=0,5\%$ (Ecuación 3.1)

Ecuación 3.1
$$R = \frac{\dot{m}_p}{\dot{m}_f}$$

Donde \dot{m}_p es el flujo másico de partículas a extraer, y \dot{m}_f es el flujo másico de aire a extraer.

Para ello, se obtiene el flujo másico de partículas a extraer mediante datos que se han obtenido como consecuencia de una recolección diaria del polvo que se ha precipitado hacia el suelo de la planta. Dicho muestreo se ha dado a conocer en la *sección 1.2.5*. Dando como resultado la *Tabla 1.5*.

¹⁷ CASTRO M. Javier. – Operación y Movimiento de Calderas – Octubre 2002
CENGEL Yanus – Termodinámica – Tomo II Segunda Edición 1996

Considerando dicha tabla, es posible deducir un promedio teórico de producción de polvo dentro de la panta, en donde es necesario tener también presente que por más que se haya controlado la recolección, siempre se generan pérdidas ya sean por adhesión en las paredes, losa superior o en las mismas máquinas, se ha definido un porcentaje de pérdidas (15% aprox.) considerando estudios realizados en otras industrias.

$$\text{Promedio}_{teorico} = \text{Promedio en 60 Telares} \cdot \% \text{ de Perdida Aprox}$$

$$\text{Promedio}_{teorico} = 101,172 \cdot 1,15 = 116,348 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

$$\text{Promedio}_{teorico} = 116.348 \text{ Kg/Día}$$

El flujo másico de partículas a extraer por cada hora es:

$$\dot{m}_p = 4,847 \text{ kg/hr}$$

Despejando la Ecuación 3.1, se obtiene el flujo volumétrico de aire requerido para transportar el material particulado presente en el ambiente de estudio.

$$R = \frac{\dot{m}_p}{\dot{m}_f}$$

$$R = \frac{\dot{m}_p}{\rho_f \cdot Q_f}$$

$$Q_f = \frac{\dot{m}_p}{\rho_f \cdot R}$$

$$Q_f = \frac{4,847 \left[\frac{\text{kg}}{\text{hr}} \right]}{1,204 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \cdot \left(\frac{0,5}{100} \right)}$$

$$Q_f = 805,15 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{hr}} \right]$$

Este es el caudal total mínimo necesario para transportar polvo de almidón de todas las máquinas de la sección al colector de polvo; para una mejor seguridad se le

adicionará un factor de diseño del 25%, por lo tanto el caudal necesario será de **1006,44 m³/hr** de aire.

3.1.2. Dimensionamiento de campanas de extracción de polvos¹⁸

Aunque los nombres de ciertas campanas varían, dependiendo de cual fuente se consulte, hay acuerdo general en cómo se clasifican. Hay cuatro tipos de campanas: (1) de envoltura, (2) de cabinas, (3) campanas de captura, y (4) campanas receptoras.

Las **envolturas** son de dos tipos: (1) aquellas que están completamente cerradas al ambiente exterior y (2) aquellas que tienen aberturas para la entrada/ salida de material. El primer tipo es utilizado solamente cuando se maneja material radioactivo, el cual debe manejarse con manipuladores remotos. También son herméticas a polvos y gas. Estos tipos de envolturas raramente son utilizadas en control de contaminación de aire.

El segundo tipo, de envoltura total, tienen aplicaciones en varias áreas, tales como en el control de emisiones de hornos de arco eléctrico y de operaciones de estampado y llenado de recipientes de carga. Están equipadas con pequeñas aberturas en la pared que se llaman *natural draft openings* – NDO (aberturas de tiro natural), que permiten que el material sea movido hacia adentro o fuera y para ventilación. Sin embargo, el área para estas aberturas debe ser pequeña comparada con el área total de las paredes de la envoltura (típicamente 5% o menos)

Las superficies de envolturas totales temporales son construidas usualmente ya sea de película de plástico o materiales rígidos tales como las hojas de aislante o de *plywood* (madera en hojas prensadas).

Las **cabinas** son como envolturas, que rodean a la fuente de emisión, excepto una pared (o porción de ésta), que se omite para permitir el acceso a operadores y a equipo. Como las envolturas, las cabinas deben ser lo suficientemente grandes para prevenir que los particulados incidan sobre las paredes interiores. Son utilizadas con operaciones (y fuentes de emisión), tales como rociadores de pintura (**Gráfico 3.1**) y esmerilado portátil, pulido y operaciones de abrillantado.

¹⁸ WILLIAM M. Vatauvuk - Campanas, Ductos y Chimeneas - Agencia de Protección Ambiental de los EE.UU – Septiembre 1999



Gráfico 3.1: Cabinas de pintura

Contario a las envolturas y cabinas, las **campanas de captura** (también llamadas campanas activas o externas), no encierran a la fuente del todo. Consistentes de uno a tres lados, se localizan a una distancia de la fuente y succionan las emisiones hacia ellas vía ventiladores. Las campanas de captura se clasifican también como *side-draft backdraft* (de tiro lateral/tiro posterior), *slot* (de ranura), *downdraft* (de tiro hacia abajo) y *high-velocity, low-volume (HVLV) hoods* (campanas de alta velocidad, bajo volumen). Una campana de tiro lateral/tiro posterior se localiza típicamente a un lado/detrás de la fuente de emisión, pero tan cerca a ella como se posible, ya que las velocidades de aire disminuyen inversamente (y abruptamente) con la distancia. Ejemplos de esta incluyen las *snorkel-type welding hoods* (campanas para soldadura tipo tubo de respiración **Gráfico 3.2**) y las *side shake-out hoods* (camapanas de lado sacudido).



Gráfico 3.2: Snorkel-type welding hoods

Una campana de ranura opera en una manera similar a las de tiro lateral/tiro posterior. Sin embargo, la abertura de entrada (cara) es mucho más pequeña, siendo larga y angosta. Más aún, una campana de ranura se sitúa en la periferia de una fuente de emisión, tal como un tanque abierto, angosto. Este tipo de campanas se emplean también con operaciones de soldadura de banco.

Mientras que las campanas de ranura y tiro lateral/tiro posterior se localizan al lado/detrás de la fuente, las campanas de tiro hacia abajo se sitúan en seguida por debajo de ella. Succiona al aire cargado de contaminantes hacia abajo a través de la fuente y, por lo tanto, hacia el dispositivo de control. Las aplicaciones de campanas de tiro hacia abajo incluyen operaciones de *foundry shake-out* (fundición con sacudida) y soldadura de banco y corte con soplete.

Las campanas *HVLV* se caracterizan por el uso de velocidades extremadamente altas (velocidades de captura), para recolectar los contaminantes en la fuente y por la distribución óptima de esas velocidades a través de la cara de la campana. Para mantener una razón de flujo volumétrico baja, estas campanas se localizan tan cerca de la fuente como sea posible, para minimizar el arrastre de aire.

La última categoría son las **campanas receptoras** (también llamadas campanas pasivas o de toldo). Una campana receptora se localiza típicamente arriba o al lado de una fuente, para recolectar emisiones, a las cuales se les da impulso por la fuente. Por ejemplo, una campana de toldo podría situarse directamente arriba de un tanque abierto conteniendo un líquido caliente (una fuente boyante). Con el aire arrastrado, los vapores emitidos desde el líquido se elevarían hacia la campana. Aquí, la campana de toldo funciona como un colector pasivo, ya que los gases que se elevan serían succionados hacia la campana vía tiro natural (*Gráfico 3.3*)

Las campanas receptoras también son utilizadas con fuentes no boyantes, fuentes desde las cuales las emisiones no se elevan. Sin embargo las emisiones pueden ser “lanzadas” desde un proceso, tal como un esmeril giratorio. La velocidad inicial de las emisiones típicamente es suficientemente alta para conducir las hacia la campana receptora.



Gráfico 3.3: Instalación Típica de la campana de toldo

En el dimensionamiento de estos complementos del sistema de extracción de polvos, es necesario realizar un análisis del caudal requerido en las campanas extractoras para cada fuente de contaminación.

En la planta productora TELARTEC, se considera como fuente de contaminación, al trabajo de tejido de cada uno de los telares, ya que como se ha indicado anteriormente, se desprende material particulado hacia el ambiente.

Para este cálculo, de campanas de toldo (o libremente suspendidas), se puede emplear la siguiente fórmula:

$$\text{Ecuación 3.2} \quad Q \text{ (m}^3\text{/h)} = 3.600 (10 \cdot d^2 + S) \cdot V_a$$

Donde Q , es el caudal en la campana [m^3/h], d es la distancia de la campana a la fuente del contaminante, S la sección final de la campana [m^2], y V_a es la velocidad de captura del material en la campana [m/s].

Para la distancia d , se ha realizado un esquema tentativo entre el telar y un la campana de extracción, donde como resultado se deduce que aproximadamente se

tendrá unos 2 metros entre la campana y la emanación de las partículas desde los telares. (*Gráfico 3.4*)

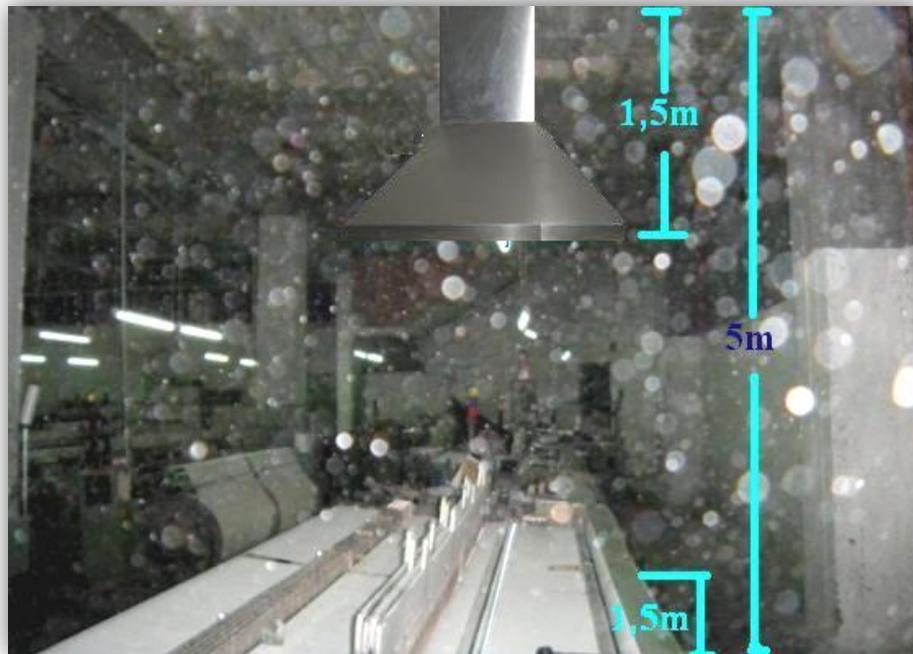


Gráfico 3.4: Distancia entre el foco de emanación y la campana de extracción

Para el área de la campana, se ha considerado las dimensiones más adecuadas para reducir costos de construcción en base al área de tejeduría de los telares, las cuales son de aproximadamente 1,5 metros de longitud por 0,5 metros de ancho, por cada urdimbre, es decir que por cada telar se considera el uso de dos campanas.

El valor de velocidad de captura del contaminante se lo puede encontrar en tablas, el cual varía según los factores de dimensionamiento que se consideren para los diversos estudios; en la *Tabla 3.1* se ha encontrado características de contaminantes muy similares a los que se encuentran en análisis, tales como finos de goma, hilachas de yute, polvo de algodón, etc. Los cuales determinan una velocidad V_c situados entre 15 y 20 m/s.

Considerando este dato de V_c se ha empleado relacionándolo con la *Tabla 3.2* en donde podemos encontrar que este tipo de velocidades se emplean para contaminantes del tipo “Gases de Soldadura”, con una velocidad de captación de la campana V_a entre 0,5 a 1 m/s.

Dado esta similitud, se ha considerado un valor medio de 0,7 m/s que solvente la extracción necesaria en la campana.

Tabla 3.1: VELOCIDAD EN CONDUCTOS SEGÚN CONTAMINANTES¹⁹

| VARIOS | V_c |
|---|---------|
| Todos los vapores y gases | 9 a 10 |
| Polvos semillas, yute o goma | 10 |
| Soldadura eléctrica | 10 a 13 |
| Hilachas de algodón, harina de gramíneas y de madera, polvos de litografía | 13 a 15 |
| Serrín de madera | 15 |
| Polvo metálico de rectificado | 16 |
| Finos de goma, hilachas de yute, polvo de algodón, de jabón y bakelita, virutas ligeras de madera y cuero | 15 a 20 |
| Polvo de amolado, de yute, lana, granito y corte prod. cerámicos y barro de arcilla, de fundición y envasado prod. textiles, granos de café, harina de sílice, viruta fina metálica | 18 a 20 |
| Polvo pesado de aserrado, torneado metálico, vibrado y volcado en fundición, proyección de arena, cubitos de madera, polvo de plomo con partículas, de cemento, de asbestos en el cortado de conductos, desperdicios pegajosos de lino, polvo de cal viva y finos de carbón | 25 y + |

En mecánica de fluidos, el transporte de todo tipo de aire idealmente se lo debería realizar a velocidad elevada, similar a la velocidad del sonido; pero dado que este es un método inestable de transporte de fluidos, lo que habitualmente se realiza es seleccionar un porcentaje de “Match” considerado estable en un 4,8% a la velocidad del sonido. Con ello se verifica el dato obtenido de tablas:

$$c = \sqrt{\frac{P}{\rho}}$$

$$c = \sqrt{\frac{137895.14 \text{ Pa}}{1,28418 \text{ Kg}/\text{m}^3}}$$

$$c = \sqrt{107380}$$

$$c = 327,689 \text{ m/s}$$

¹⁹ SOLER & PALAU - Sistemas de Ventilación, S.L.U - 2006

$$V = M \cdot c$$

$$V = 0.048 \cdot 327,689$$

$$V = 15,72 \text{ m/s}$$

Tabla 3.2: VELOCIDAD DE CAPTACIÓN EN LA CAMPANA SEGÚN CONTAMINANTES²⁰

| Tipo de Trabajo | (m/s) | |
|------------------|----------------|----------------|
| | V _a | V _c |
| Gases o vapores | 0,25 a 0,5 | 12 |
| Gases soldadura | 0,5 a 1 | 15 |
| Caldera de vapor | 0,75 | 10 |
| Estufa barnizado | 1 a 1,25 | 8 |
| Taladrado | 2 | 22 |

Procediendo a desarrollar la *Ecuación 3.2* tenemos que:

$$Q \text{ (m}^3\text{/h)} = 3.600 (10 \cdot d^2 + S) \cdot V_a$$

$$Q \text{ (m}^3\text{/h)} = 3.600 [10 \cdot 22 + (1,5 \cdot 0,5) \text{ (m}^2)] 0,7 \text{ (m/s)}$$

$$Q = 102690 \text{ (m}^3\text{/h)}$$

Este caudal calculado, es el que cada campana **está en capacidad de extraer** el aire contaminado, el cual posee las partículas de polvo en suspensión, de manera que, para una eficiencia total del sistema de extracción de polvo, requerimos campanas de extracción de tipo toldo (libremente suspendidas) distribuidas para cada una de las fuentes de contaminación, con las dimensiones antes descritas.

3.1.3. Dimensionamiento de conductos y líneas de transporte²¹

En cuanto a las líneas de transporte del sistema de extracción, es necesario partir este análisis con el dato de velocidad en conductos de 15m/s, la misma que se la determinó en la *Tabla 3.1* de acuerdo a los contaminantes en estudio. Cabe recalcar que dicha velocidad es la de la tubería en el nodo final, para posteriormente dirigirse

²⁰ SOLER & PALAU - Sistemas de Ventilación, S.L.U - 2006

²¹ HÉCTOR E. Goya - Dimensionado De Líneas Para Sistemas de Vacío - CNEA – CAC

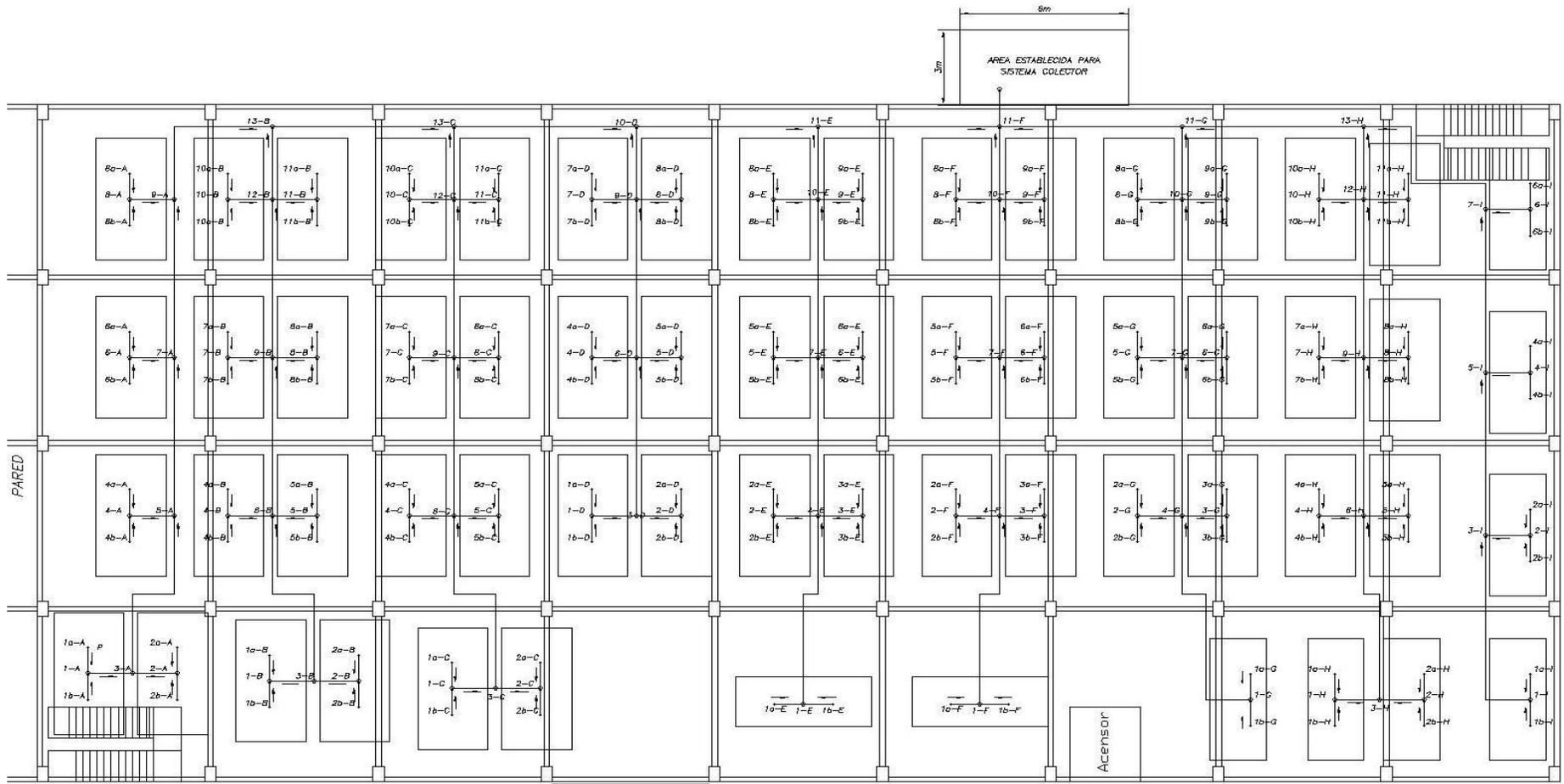
al sistema de filtrado, por tanto, en el cálculo iterativo se determinará la velocidad real en cada tubería.

El caudal mínimo necesario para transportar polvo de almidón, que se calculó en la sección 3.2.1, es el que se empleará para el diseño de los conductos en cada uno de los telares. Es así que, se requiere extraer $1006,44 \text{ m}^3/\text{hr}$ en toda el área en estudio.

Para determinar los caudales necesarios en la red de tuberías, se requiere establecer una distribución adecuada mediante nodos y según el sentido de los flujos, considerando la ubicación estratégica del sistema colector, y para ello se ha considerado ubicarla en la sección posterior de la planta, en donde se dispone un área aproximada de 6 metros de longitud por 3 metros de ancho; que es adecuada para este sistema según se aprecia en el **Gráfico 3.5**

Es por ello que mediante sumatorias y respetando el sentido del flujo, se establece desde **Tabla 3.3** hasta la **Tabla 3.11**, el cálculo de dichos caudales iniciales hasta obtener el máximo caudal requerido en el sistema colector.

Gráfico 3.5: Distribución de flujo de caudales en malla de tuberías.²²



²² Imagen elaborada en Auto-Cad®

Tabla 3.3 – 3.4 – 3.5: Cálculo de Caudales para cada nodo de la malla de tuberías.²³

| Tabla de Caudales Por Nodo en Malla | |
|--|----------------|
| Denominacion de Nodo | Caudal Q m3/hr |
| 1 a - A | 8,39 |
| 1 b - A | 8,39 |
| 1 - A | 16,77 |
| 2 a - A | 8,39 |
| 2 b - A | 8,39 |
| 2 - A | 16,77 |
| 3 - A | 33,55 |
| 4 a - A | 8,39 |
| 4 b - A | 8,39 |
| 4 - A | 16,77 |
| 5 - A | 50,32 |
| 6 a - A | 8,39 |
| 6 b - A | 8,39 |
| 6 - A | 16,77 |
| 7 - A | 67,10 |
| 8 a - A | 8,39 |
| 8 b - A | 8,39 |
| 8 - A | 16,77 |
| 9 - A | 83,87 |

n = 0,2

| Tabla de Caudales Por Nodo en Malla | |
|--|----------------|
| Denominacion de Nodo | Caudal Q m3/hr |
| 1 a - B | 8,39 |
| 1 b - B | 8,39 |
| 1 - B | 16,77 |
| 2 a - B | 8,39 |
| 2 b - B | 8,39 |
| 2 - B | 16,77 |
| 3 - B | 33,55 |
| 4 a - B | 8,39 |
| 4 b - B | 8,39 |
| 4 - B | 16,77 |
| 5 a - B | 8,39 |
| 5 b - B | 8,39 |
| 5 - B | 16,77 |
| 6 - B | 67,10 |
| 7 a - B | 8,39 |
| 7 b - B | 8,39 |
| 7 - B | 16,774 |
| 8 a - B | 8,39 |
| 8 b - B | 8,39 |
| 8 - B | 16,774 |
| 9 - B | 100,64 |
| 10 a - B | 8,39 |
| 10 b - B | 8,39 |
| 10 - B | 16,774 |
| 11 a - B | 8,39 |
| 11 b - B | 8,39 |
| 11 - B | 16,774 |
| 12 - B | 134,19 |
| 13 - B | 218,06 |

| Tabla de Caudales Por Nodo en Malla | |
|--|----------------|
| Denominacion de Nodo | Caudal Q m3/hr |
| 1 a - C | 8,39 |
| 1 b - C | 8,39 |
| 1 - C | 16,77 |
| 2 a - C | 8,39 |
| 2 b - C | 8,39 |
| 2 - C | 16,77 |
| 3 - C | 33,55 |
| 4 a - C | 8,39 |
| 4 b - C | 8,39 |
| 4 - C | 16,77 |
| 5 a - C | 8,39 |
| 5 b - C | 8,39 |
| 5 - C | 16,77 |
| 6 - C | 67,10 |
| 7 a - C | 8,39 |
| 7 b - C | 8,39 |
| 7 - C | 16,774 |
| 8 a - C | 8,39 |
| 8 b - C | 8,39 |
| 8 - C | 16,774 |
| 9 - C | 100,64 |
| 10 a - C | 8,39 |
| 10 b - C | 8,39 |
| 10 - C | 16,774 |
| 11 a - C | 8,39 |
| 11 b - C | 8,39 |
| 11 - C | 16,774 |
| 12 - C | 134,19 |
| 13 - C | 352,25 |

²³ Tablas Elaboradas en Microsoft Office Excel. ®

Tabla 3.6 – 3.7 – 3.8: Cálculo de Caudales para cada nodo de la malla de tuberías.²⁴

| <u>Tabla de Caudales Por Nodo en Malla</u> | |
|--|----------------|
| Denominacion de Nodo | Caudal Q m3/hr |
| 1 a - D | 8,39 |
| 1 b - D | 8,39 |
| 1 - D | 16,77 |
| 2 a - D | 8,39 |
| 2 b - D | 8,39 |
| 2 - D | 16,77 |
| 3 - D | 33,55 |
| 4 a - D | 8,39 |
| 4 b - D | 8,39 |
| 4 - D | 16,77 |
| 5 a - D | 8,39 |
| 5 b - D | 8,39 |
| 5 - D | 16,77 |
| 6 - D | 67,10 |
| 7 a - D | 8,39 |
| 7 b - D | 8,39 |
| 7 - D | 16,77 |
| 8 a - D | 8,39 |
| 8 b - D | 8,39 |
| 8 - D | 16,77 |
| 9 - D | 100,64 |
| 10 - D | 452,90 |

| <u>Tabla de Caudales Por Nodo en Malla</u> | |
|--|----------------|
| Denominacion de Nodo | Caudal Q m3/hr |
| 1 a - E | 8,39 |
| 1 b - E | 8,39 |
| 1 - E | 16,77 |
| 2 a - E | 8,39 |
| 2 b - E | 8,39 |
| 2 - E | 16,77 |
| 3 a - E | 8,39 |
| 3 b - E | 8,39 |
| 3 - E | 16,77 |
| 4 - E | 50,32 |
| 5 a - E | 8,39 |
| 5 b - E | 8,39 |
| 5 - E | 16,77 |
| 6 a - E | 8,39 |
| 6 b - E | 8,39 |
| 6 - E | 16,77 |
| 7 - E | 83,87 |
| 8 a - E | 8,39 |
| 8 b - E | 8,39 |
| 8 - E | 16,77 |
| 9 a - E | 8,39 |
| 9 b - E | 8,39 |
| 9 - E | 16,77 |
| 10 - E | 117,42 |
| 11 - E | 570,32 |

| <u>Tabla de Caudales Por Nodo en Malla</u> | |
|--|----------------|
| Denominacion de Nodo | Caudal Q m3/hr |
| 1 a - F | 8,39 |
| 1 b - F | 8,39 |
| 1 - F | 16,77 |
| 2 a - F | 8,39 |
| 2 b - F | 8,39 |
| 2 - F | 16,77 |
| 3 a - F | 8,39 |
| 3 b - F | 8,39 |
| 3 - F | 16,77 |
| 4 - F | 50,32 |
| 5 a - F | 8,39 |
| 5 b - F | 8,39 |
| 5 - F | 16,77 |
| 6 a - F | 8,39 |
| 6 b - F | 8,39 |
| 6 - F | 16,77 |
| 7 - F | 83,87 |
| 8 a - F | 8,39 |
| 8 b - F | 8,39 |
| 8 - F | 16,77 |
| 9 a - F | 8,39 |
| 9 b - F | 8,39 |
| 9 - F | 16,77 |
| 10 - F | 117,42 |
| 11 - F | 1006,44 |

²⁴ Tablas Elaboradas en Microsoft Office Excel. ®

Tabla 3.9 – 3.10 – 3.11: Cálculo de Caudales para cada nodo de la malla de tuberías.²⁵

| Tabla de Caudales Por Nodo en Malla | |
|--|-----------------------|
| Denominacion de Nodo | Caudal Q m3/hr |
| 1 a - G | 8,39 |
| 1 b - G | 8,39 |
| 1 - G | 16,77 |
| 2 a - G | 8,39 |
| 2 b - G | 8,39 |
| 2 - G | 16,77 |
| 3 a - G | 8,39 |
| 3 b - G | 8,39 |
| 3 - G | 16,77 |
| 4 - G | 50,32 |
| 5 a - G | 8,39 |
| 5 b - G | 8,39 |
| 5 - G | 16,77 |
| 6 a - G | 8,39 |
| 6 b - G | 8,39 |
| 6 - G | 16,77 |
| 7 - G | 83,87 |
| 8 a - G | 8,39 |
| 8 b - G | 8,39 |
| 8 - G | 16,77 |
| 9 a - G | 8,39 |
| 9 b - G | 8,39 |
| 9 - G | 16,77 |
| 10 - G | 117,42 |
| 11 - G | 318,71 |

| Tabla de Caudales Por Nodo en Malla | |
|--|-----------------------|
| Denominacion de Nodo | Caudal Q m3/hr |
| 1 a - H | 8,39 |
| 1 b - H | 8,39 |
| 1 - H | 16,77 |
| 2 a - H | 8,39 |
| 2 b - H | 8,39 |
| 2 - H | 16,77 |
| 3 - H | 33,55 |
| 4 a - H | 8,39 |
| 4 b - H | 8,39 |
| 4 - H | 16,77 |
| 5 a - H | 8,39 |
| 5 b - H | 8,39 |
| 5 - H | 16,77 |
| 6 - H | 67,10 |
| 7 a - H | 8,39 |
| 7 b - H | 8,39 |
| 7 - H | 16,774 |
| 8 a - H | 8,39 |
| 8 b - H | 8,39 |
| 8 - H | 16,774 |
| 9 - H | 100,64 |
| 10 a - H | 8,39 |
| 10 b - H | 8,39 |
| 10 - H | 16,774 |
| 11 a - H | 8,39 |
| 11 b - H | 8,39 |
| 11 - H | 16,774 |
| 12 - H | 134,19 |
| 13 - H | 201,29 |

| Tabla de Caudales Por Nodo en Malla | |
|--|-----------------------|
| Denominacion de Nodo | Caudal Q m3/hr |
| 1 a - I | 8,39 |
| 1 b - I | 8,39 |
| 1 - I | 16,77 |
| 2 a - I | 8,39 |
| 2 b - I | 8,39 |
| 2 - I | 16,77 |
| 3 - I | 33,55 |
| 4 a - I | 8,39 |
| 4 b - I | 8,39 |
| 4 - I | 16,77 |
| 5 - I | 50,32 |
| 6 a - I | 8,39 |
| 6 b - I | 8,39 |
| 6 - I | 16,77 |
| 7 - I | 67,10 |

²⁵ Tablas Elaboradas en Microsoft Office Excel. ®

Una vez que se ha identificado los caudales en cada nodo y en cada línea de conducción, se procede a realizar el dimensionamiento o cálculo del área del conducto en cada tramo, en base a la **Ecuación 3.3**, donde Q_i es el caudal, A_i es el área del conducto y v_i es la velocidad para el tramo $_i$

$$\text{Ecuación 3.3} \quad A_i = \frac{Q_i}{v_i}$$

Con ello se va determinando el diámetro calculado (D_i) para el tramo $_i$ de acuerdo a la **Ecuación 3.4**. Sin embargo, es necesario escoger un diámetro comercial, de tal forma que posteriormente se verifique la velocidad real en cada conducto.

$$\text{Ecuación 3.4} \quad D_i = \sqrt{\frac{4 \cdot A_i}{\pi}}$$

En la **Tabla 3.12** se aprecian los diámetros comerciales para tuberías de Acero Inoxidable, de donde se obtendrán los datos requeridos en cada tramo calculado.

Tabla 3.12: Diámetros comerciales de tuberías en Acero Inoxidable²⁶

| STAINLESS STEEL PIPE SERIES (ANSI B 36.10, B36.19) | | | | | | | | | | | | | |
|--|--------------------------------|---------------------------|--------|-----------|--------|-----------|---------|-----------|---------|----------|---------|---------|--------|
| Nominal Pipe Size inch | Outside Diameter ASTM mm | Wall Thickness and Weight | | | | | | | | | | | |
| | | Sch. 5 S | | Sch. 10 S | | Sch. 40 s | | Sch. 80 S | | Sch. 160 | | Sch. XX | |
| | | mm | kg/m | mm | kg/m | mm | kg/m | mm | kg/m | mm | kg/m | mm | kg/m |
| 1/8" | 10.29 | - | - | 1.24 | 0.280 | 1.73 | 0.370 | 2.41 | 0.475 | - | - | - | - |
| 1/4" | 13.72 | - | - | 1.65 | 0.498 | 2.24 | 0.643 | 3.02 | 0.808 | - | - | - | - |
| 3/8" | 17.15 | - | - | 1.65 | 0.640 | 2.31 | 0.857 | 3.20 | 1.116 | - | - | - | - |
| 1/2" | 21.34 | 1.65 | 0.812 | 2.11 | 1.014 | 2.77 | 1.286 | 3.73 | 1.642 | 4.78 | 1.979 | 7.47 | 2.59 |
| 3/4" | 26.67 | 1.65 | 1.032 | 2.11 | 1.300 | 2.87 | 1.708 | 3.91 | 2.225 | 5.56 | 2.934 | 7.82 | 3.69 |
| 1" | 33.40 | 1.65 | 1.310 | 2.77 | 2.121 | 3.38 | 2.537 | 4.55 | 3.282 | 6.35 | 4.294 | 9.09 | 5.52 |
| 1 1/4" | 42.16 | 1.65 | 1.671 | 2.77 | 2.728 | 3.56 | 3.435 | 4.85 | 4.524 | 6.35 | 5.685 | 9.70 | 7.87 |
| 1 1/2" | 48.26 | 1.65 | 1.923 | 2.77 | 3.150 | 3.68 | 4.101 | 5.08 | 5.484 | 7.14 | 7.339 | 10.16 | 9.68 |
| 2" | 60.33 | 1.65 | 2.421 | 2.77 | 3.986 | 3.91 | 5.515 | 5.54 | 7.588 | 8.71 | 11.240 | 11.07 | 13.63 |
| 2 1/2" | 73.03 | 2.11 | 3.741 | 3.05 | 5.336 | 5.16 | 8.756 | 7.01 | 11.570 | 9.52 | 15.115 | 14.02 | 20.68 |
| 3" | 88.90 | 2.11 | 4.578 | 3.05 | 6.546 | 5.49 | 11.448 | 7.62 | 15.484 | 11.13 | 21.639 | 15.24 | 28.06 |
| 3 1/2" | 101.60 | 2.11 | 5.248 | 3.05 | 7.514 | 5.74 | 13.756 | 8.08 | 18.891 | - | - | - | - |
| 4" | 114.30 | 2.11 | 5.918 | 3.05 | 8.483 | 6.02 | 16.296 | 8.56 | 22.628 | 13.49 | 33.990 | 17.12 | 41.59 |
| 5" | 141.30 | 2.77 | 9.593 | 3.40 | 11.721 | 6.55 | 22.065 | 9.52 | 31.364 | 15.87 | 49.760 | 19.05 | 58.22 |
| 6" | 168.28 | 2.77 | 11.461 | 3.40 | 14.014 | 7.11 | 28.648 | 10.97 | 43.143 | 18.24 | 68.420 | 21.95 | 80.30 |
| 8" | 219.08 | 2.77 | 14.979 | 3.76 | 20.240 | 8.18 | 43.129 | 12.70 | 65.526 | 23.01 | 112.790 | 22.23 | 109.40 |
| 10" | 273.05 | 3.40 | 22.920 | 4.19 | 28.163 | 9.27 | 61.131 | 12.70 | 82.661 | 28.57 | 174.620 | 25.40 | - |
| 12" | 323.82 | 3.96 | 31.669 | 4.57 | 36.477 | 9.52 | 74.810 | 12.70 | 98.790 | 33.32 | 242.010 | 25.40 | - |
| 14" | 355.60 | 3.96 | - | 4.78 | 41.923 | 11.13 | 95.840 | 19.05 | 160.208 | 35.71 | 285.580 | - | - |
| 16" | 406.40 | 4.19 | - | 4.78 | 47.993 | 12.70 | 124.990 | 21.44 | - | 40.49 | - | - | - |
| 18" | 457.20 | 4.19 | - | 4.78 | 54.064 | 14.20 | 157.260 | 23.83 | - | 45.24 | - | - | - |
| 20" | 508.00 | 4.78 | - | 5.54 | 69.590 | 15.09 | 185.950 | 26.20 | - | 50.00 | - | - | - |

²⁶ ANSI / ASME B36.19M-1985

Para continuar con los procedimientos de cálculo, es necesario tener en cuenta las condiciones iniciales del sistema para proceder al cálculo de “Numero de Reynolds” para cada una de las tuberías. Dichos datos se detallan a continuación:

Condiciones Iniciales de Cálculo:

- Temperatura de trabajo $T_a = 20^\circ C$ correspondiente a $293.15^\circ K = 1,8 \times 293,15 = 527,67^\circ R$
- Temperatura constante del aire $T_s = 298^\circ K$
- Constante Ideal del Aire $R = 287 \text{ J/Kg} \cdot K$
- Diseño de tuberías en Acero Inoxidable de rugosidad $= 4,6E-2 \text{ mm}$
- Presión Atmosférica $1.0129 \text{ Bar} = 101.290 \text{ KPa}$.
- Presión Interna de tubería (impuesta) $= 20 \text{ psi} = 137,89514 \text{ KPa}$.

Adicionalmente, se determina la densidad del aire (**Ecuación 3.5**) a una temperatura atmosférica de $20^\circ C$ y considerando la altura a la que la ciudad de Cuenca se ubica:

$$\text{Ecuación 3.5} \quad \rho = \frac{P_{atm}}{R(T_o + \beta \cdot \gamma)}$$

En donde:

$\beta = -0,00645^\circ K/m$, es una constante de corrección que se encuentra íntimamente relacionada con la altura sobre nivel del mar, a la que el fluido a calcular se encuentra.

$\gamma = 2800$ metros sobre el nivel del mar, altura en la que se ubica Cuenca - Ecuador.

De manera que:

$$\rho = \frac{101.290 \frac{KN}{m}}{0,287 \left[\frac{KN \cdot m}{Kg \cdot ^\circ K} \right] (293,15^\circ K + (-0,00625) \cdot 2800)}$$

$$\rho = 1,28418 \text{ Kg/m}^3$$

Una vez ya determinados estos datos, se procede al cálculo de la **viscosidad estática** del aire (*Ecuación 3.6*).

Viscosidad Estática del Aire @ 20°C

Ecuación 3.6 $n = n_0 \left(\frac{a/b}{T/T_0} \right)^{3/2}$

Donde (*Tabla 3.13*):

$$a = 0,555 T_0 + C$$

$$b = 0,555 T + C$$

$$C = \text{Constante estándar del Aire} = 120$$

$$T^\circ = 524,07 \text{ }^\circ\text{K}$$

$$n_0 = 0,01827 \text{ [cPo]}$$

Tabla 3.13: Diámetros comerciales de tuberías en Acero Inoxidable ²⁷

| Fluid | Sutherland's constant, C | T ₀ (°R) | n ₀ (centipoise) |
|---------------------------------|--------------------------|---------------------|-----------------------------|
| standard air | 120 | 524.07 | 0.01827 |
| ammonia, NH ₃ | 370 | 527.67 | 0.00982 |
| carbon dioxide, CO ₂ | 240 | 527.67 | 0.01480 |
| carbon monoxide, CO | 118 | 518.67 | 0.01720 |
| hydrogen, H ₂ | 72 | 528.93 | 0.00876 |
| nitrogen, N ₂ | 111 | 540.99 | 0.01781 |
| oxygen, O ₂ | 127 | 526.05 | 0.02018 |
| sulfur dioxide, SO ₂ | 416 | 528.57 | 0.01254 |

$$n = 0,01827 \left(\frac{0,555 \cdot 524,07 + 120}{0,555 \cdot 527,67 + 120} \right) \left(\frac{527,67}{524,07} \right)^{3/2}$$

$$n = 0,0177996 \text{ cPo @ } 20^\circ\text{C}$$

²⁷ ANSI / ASME B36.19M-1985

Seguidamente, se requiere obtener la **viscosidad cinemática** del aire (*Ecuación 3.7*):

Viscosidad Cinemática del Aire @ 20°C.

Ecuación 3.7

$$v = \frac{\eta}{\rho}$$
$$v = \frac{0,0177996 \frac{Kg}{m \cdot s}}{1,28418 \frac{Kg}{m^3}}$$
$$v = 1,40135 \times 10^{-5} m^2/s$$

Establecidos los datos anteriores para el cálculo del “Numero de Reynolds” (*Ecuación 3.8*), se procede con su respectivo cálculo:

Ecuación 3.8

$$Re = \frac{Viscosidad\ Estatica \cdot Diametro\ Comercial}{Viscosidad\ Cinematica.}$$
$$Re = \frac{\eta \cdot D_i}{v}$$
$$Re = \frac{0,0177996\ cPo \cdot D_i}{1,40135 \times 10^{-5} m^2/s}$$

De manera que únicamente será necesario remplazar el dato del diámetro de cada tubería comercial.

Finalmente es necesario considerar las pérdidas dentro del sistema con su respectiva caída de presión, tal es el caso de las pérdidas acumuladas por la fricción en cada una de las tuberías y de igual manera las pérdidas que se producen en cada uno de los accesorios.

El método que se ha considerado adecuado para la resolución de la problemática, es el modelo de Darcy Weisbach (*Ecuación 3.9*):

Ecuación 3.9

$$h_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

En donde:

- h_f = pérdida de carga debida a la fricción.
- f = factor de fricción de Darcy.

- L = longitud de la tubería.
- D = diámetro de la tubería.
- v = velocidad media del fluido.
- g = aceleración de la gravedad $9,81 \text{ m/s}^2$.

El factor de fricción f es adimensional y varía de acuerdo a los parámetros de la tubería y del flujo. Este puede ser conocido con una gran exactitud dentro de ciertos regímenes de flujo. Para ello se ha procedido mediante la fórmula de Colebrook (**Ecuación 3.10**) que se la ha implementado en una macro dentro de las tablas de cálculo (**Anexo A**).

Ecuación 3.10

$$f_i = \frac{1}{\left[-2 \cdot \text{Log} \left(\frac{ru}{3.75 \cdot D} + \frac{2.51}{\text{Re} \cdot \sqrt{f_0}} \right) \right]^2}$$

En donde:

- f_i = factor de fricción resultante
- f_0 = factor de fricción de entrada
- D = diámetro comercial de la tubería.
- Re = Número de Reynolds.
- ru = rugosidad de la tubería.

Respecto a las pérdidas que se producen por accesorios (**Ecuación 3.11**), dependerán principalmente de la geometría del mismo; todas las pérdidas localizadas son solamente función de la velocidad:

Ecuación 3.11

$$k \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Los coeficientes K se encuentran tabulados en la literatura técnica especializada, o deben ser proporcionados por los fabricantes de piezas para conducciones.

Se ha utilizado datos actualizados correspondientes a los valores K de accesorios para tuberías de transporte de fluidos; es así que en el **Anexo B** se detallan las tablas de acuerdo a los diámetros utilizados.

Todos estos datos y procedimiento de cálculo, se los ha aplicado en iteraciones mediante tablas de Excel, los mismos que permiten en el sistema de tuberías, ajustar los caudales de extracción necesarios a velocidades constantes, y a su vez permite equilibrar las caídas de presiones entre las entradas y la salida del sistema, de tal forma que se minimice la variación de caudal entre entrada y salida. Las tablas obtenidas en una base de datos en *Microsoft Excel* durante el proceso iterativo se ubican en el **Anexo C** de donde se puede distinguir y resumir los siguientes datos útiles:

Caudal salida sistema tuberías:

$$Q_{S_{tuberías}} = Q_{11E-11F} + Q_{10F-11F} + Q_{11G-11F}$$

$$Q_{S_{tuberías}} = 480,05 + 233,58 + 292,77$$

$$Q_{S_{tuberías}} = 1006,4 \text{ m}^3/\text{h}$$

Promedio de caída de presión (Δh_f) al nodo final:

$$\Delta h_f = \frac{(\Delta h_{NODO\ 11F-línea\ E} + \Delta h_{NODO\ 11F-línea\ F} + \Delta h_{NODO\ 11F-línea\ G})}{3}$$

$$\Delta h_f = \frac{(4,20075 + 4,20557 + 4,20670)}{3}$$

$$\Delta h_f = 4,20434 \text{ m. fluido}$$

Sin embargo, como método de verificación, se ha ingresado los datos correspondientes en el software **PIPE FLOW EXPERT**. La principal dificultad que se presenta al momento de modelar el sistema de tuberías, es que el software no brinda la posibilidad de definir que se está extrayendo un fluido.

Para ello se ha dibujado toda la red de tuberías planteada en donde se ha definido a cada ingreso de aire (cada campana) como un tanque abierto y también distinguiendo las demandas de caudales en los nodos finales.

Los datos de entrada, como las características de cada tubería, accesorios y nodos, se los aprecia en el **Anexo D.I.**

Con esto, se ha podido constatar en los resultados que entrega el sistema, que el cálculo concuerda en cuanto a la caída de presión que proporciona la red de tuberías en el nodo final, como el caudal extraído en dicho nodo. Es así que se puede distinguir los siguientes tomados del **Anexo D.2**:

Caudal salida sistema tuberías:

$$Q_{NODO-130} = Q_{PIPE-129} + Q_{PIPE-128} + Q_{PIPE-154}$$

$$Q_{NODO-130} = 570,32 + 117,42 + 318,7$$

$$Q_{NODO-130} = 1006,4 \text{ m}^3/\text{h}$$

Caída de presión (Δh) en tuberías finales:

$$\Delta h_{PIPE-129} = 3,9 \text{ m. fluido (mayor)}$$

$$\Delta h_{PIPE-128} = 0,6 \text{ m. fluido}$$

$$\Delta h_{PIPE-154} = 1,1 \text{ m. fluido}$$

Se puede observar que varía con **0,3m. fluido**, el dato obtenido por iteraciones en tablas de Excel respecto al resultado otorgado por el software.

Dado ello, se define utilizar como dato final el índice mayor de **4,204m.fluido**, que transformadas las unidades se tiene un valor de **5,04521mm.H2O** ($1 \text{ m. aire} = 1,2 \text{ mm. H2O}$).

3.1.4. Dimensionamiento del colector de polvo ²⁸

Los colectores de polvo, con filtros de mangas, son diseñados de acuerdo a las siguientes variables: caída de presión a través de las mangas, la relación aire-tela, caudal requerido y eficiencia de colección, la cual normalmente es mayor que 99.9% recolectando un tamaño de partículas mayor que 50µm.

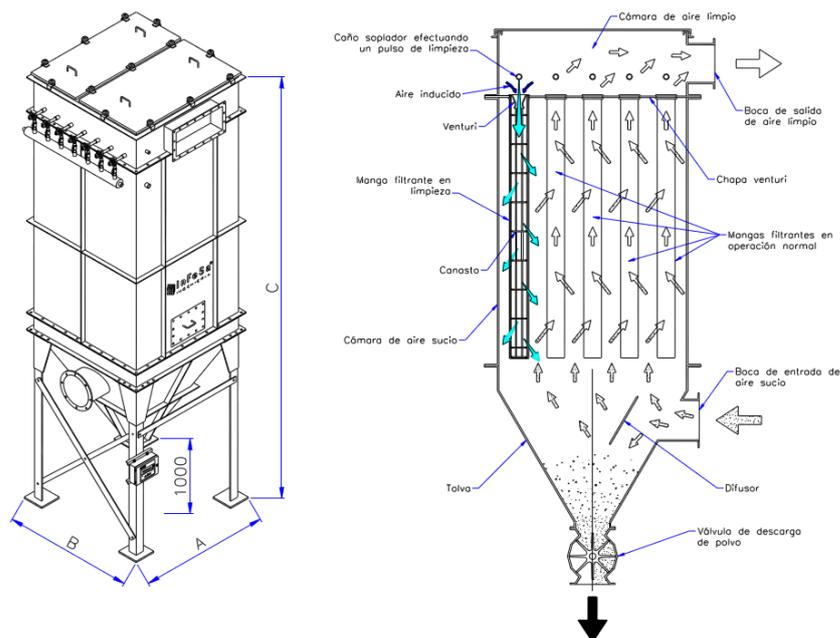
Dimensionamiento

El parámetro que define el número de mangas y sus dimensiones es el caudal que ingresará al sistema de filtrado. En este caso, se maneja $1006,44 \text{ m}^3/\text{hr} = 16,7733 \text{ m}^3/\text{min}$. Con éste dato, las dimensiones del colector, serán establecidas en base a la **Tabla 3.14**

Tabla 3.14: Dimensiones estándar de la estructura del colector para mangas de 2400mm (95in)

| Modelo | Cant. de mangas | Superficie Filtrante (m ²) | A (mm) | B (mm) | C (mm) | Rango de caudal de aire (') (m ³ /min) |
|------------|-----------------|--|--------|--------|--------|---|
| CPM-9/12 | 9 | 4 | 660 | 660 | 3300 | 4 a 12 |
| CPM-16/24 | 16 | 14 | 840 | 840 | 4650 | 14 a 42 |
| CPM-25/24 | 25 | 22 | 1020 | 1020 | 4800 | 22 a 66 |
| CPM-36/24 | 36 | 32 | 1200 | 1200 | 4950 | 32 a 96 |
| CPM-49/24 | 49 | 43 | 1380 | 1380 | 5100 | 43 a 129 |
| CPM-64/24 | 64 | 56 | 1560 | 1560 | 5250 | 56 a 168 |
| CPM-81/24 | 81 | 72 | 1740 | 1740 | 5400 | 72 a 216 |
| CPM-90/24 | 90 | 79 | 1920 | 1920 | 5600 | 79 a 237 |
| CPM-100/24 | 100 | 88 | 1920 | 1920 | 5600 | 88 a 264 |
| CPM-120/24 | 120 | 106 | 2280 | 1920 | 5900 | 106 a 318 |
| CPM-144/24 | 144 | 127 | 2280 | 2280 | 5900 | 127 a 381 |

Gráfico 3.6 Estructura del Colector



²⁸ PERALTA Castillo, Germán - Calculo Y Diseño Flujo dinámico De Un Filtro de Mangas

En su interior, el colector albergaría 16 mangas aproximadamente, dispuestas matricialmente de 4 mangas a limpiar por 4 filas, cada una de las mangas tendrá un diámetro de 6 pulgadas, en donde se establece brindar una separación de 1 pulgada entre mangas.

Como resultado se tiene que el colector apropiado deberá tener las siguientes dimensiones de acuerdo al **Gráfico 3.6**:

- Alto [C]: 4650mm
- Largo/Ancho [A/B]: 840 mm

Análisis del Sistema de Limpieza (Pulse - Jet)

En el sistema de limpieza pulse - jet es necesario saber cuántas válvulas solenoides son requeridas, para ello los fabricantes de estos sistemas han desarrollado nomogramas que están en función del tiempo de apertura de la válvula (en milisegundos), la presión de descarga (de limpieza) y del número de mangas que va a ser limpiado por cada válvula (número de orificios en tubo inyector); determinando el arreglo de mangas adecuado que puede ser dispuesto en el filtro. Para ello, en el **Anexo E**, se ha cotejado la información con las siguientes condiciones de funcionamiento:

- Presión de limpieza = 100 psi (0.689Mpa)
- Tiempo de apertura = 250 ms
- Número de mangas = 16

se selecciona el arreglo $\phi 6 \times 6$ pcs que indica que cada válvula puede limpiar 6 mangas en un pulso de aire teniendo un diámetro de orificio de salida de aire presurizado de 6 mm. Como el número de mangas calculado es de 16 por consiguiente, se deben usar 3 válvulas para dar un total de 18 mangas, siendo el valor más aproximado al número de mangas de diseño. La válvula adecuada según el arreglo seleccionado *$\phi 6 \times 6$ es VXF2150 de 3/4 de pulgada*, la misma que como dato presenta un $C_v = 9,5$ con lo que el caudal necesario según la ecuación del fabricante es:

Ecuación 3. 12

$$Q_{válvula} = 981 \cdot Cv$$

$$Q_{válvula} = 981 \cdot 9,5$$

$$Q_{válvula} = 9319,5 \frac{l}{min} = 155,3 \frac{l}{seg}$$

Como el tiempo de aire será calibrado en 0.25 segundos el volumen de aire necesario, en este lapso de tiempo para limpiar las 6 mangas es:

$$V = Q_{válvula} \cdot t = 155,3 \cdot 0,25 = 38,831 l \approx 40 l$$

Por lo que se requiere adicionar un tanque pulmón de 40 litros al sistema, los cuales deberán ser repuestos en un lapso de 2.5 minutos, por lo que el caudal de aportación mínimo del compresor debe ser de:

$$Q_{compresor} = \frac{V}{t} = \frac{40l}{150s} = 0,271 \frac{l}{s} \approx 0,6CFM$$

Con esto se define el tipo de compresor requerido para los pulsos de aire. **Compresor de pistones, capacidad mín. 40 litros – 0,6CFM - 100PSI**

Velocidad de Filtrado

Es necesario conocer las condiciones de entrada del flujo de aire que va a filtrar, como son: su caudal, la concentración de partículas en dicho caudal, la temperatura a la que se encuentra, el diámetro de partícula promedio y el tipo de partícula que se va a colectar.

- Caudal requerido = $1006,4 m^3/h = 16.7773 m^3/s = 592,345 ft^3/min$
- Temperatura del aire $T = 20^\circ C = 68^\circ F$
- Concentración $C = \text{flujo masico/caudal} = 4,847 (kg/hr) / 1006,44 (m^3/hr) = 0,004816 kg/m^3 = 0.136379 gr/ft^3$
- Tipo de polvo = Partículas de Almidón, poliéster, algodón
- Diámetro Partícula $\approx 12\mu m$

Los fabricantes han desarrollado ecuaciones y nomogramas que permiten obtener la relación GAS – TELA (Ecuación 3.13) para BAGHOUSES PULSE - JET, para lo cual se tiene la siguiente ecuación:

Ecuación 3.13

$$V_f = 2.878 \cdot A \cdot B \cdot T^{-0,2335} \cdot C^{-0,06021} \cdot (0,7471 + 0,0853 \cdot \ln D)$$

Donde:

V_f = Velocidad de filtrado o Proporción de Gas - Tela

A = 9,0 >>> factor de material (**Tabla 3.15**)

B = 0,9 >>> factor de aplicación, (**Tabla 3.15**)

T = temperatura de operación, (entre 50 y 275 °F)

C = carga de polvo a la entrada (entre 0.05 y 100 gr/ft³)

D = diámetro de partícula (entre 3 y 100 PM)

Tabla 3.15: Factores para relación GAS-TELA en PULSE-JET²⁹

FACTOR DE MATERIAL: A

| 15 | 12 | 10 | 9.0 | 6.0 |
|-------------------|-------------------|----------------------------|----------------------------------|---|
| Mezcla de pastel | Asbestos | Alúmina | Amonio | Carbón activado |
| Polvo de cartón | En pulición | Aspirina | Fertilizantes fosfáticos | Carbón negro (molecular) |
| Cocoa | Material celuloso | Carbón negro | Petroquímicas secas | Detergentes y otros dispersantes |
| Fluor | Fundición | Cemento | Tintura | Productos directos de reacción de polvo de tocador, leche y jabón |
| Granos | Perlita | Pigmentos | Ceniza volátil | |
| Polvo de cueros | Caucho | Cerámica | Oxidos metálicos | |
| Polvo en acerrios | Arena | Arcillas | Pigmentos metálicos y sintéticos | |
| Tabaco | Sal | Ladrillos | Plásticos | |
| | Talco | Carbón de piedra | Resinas | |
| | | Polvo de rocas y minerales | Silicatos | |
| | | Silica | Almidones | |
| | | Acido sorbico | Acido tánico | |
| | | Azúcar | | |

FACTOR DE APLICACIÓN: B

| | |
|--|-----|
| Refiere a puntos de transferencia, estaciones de parqueo, etc | 1.0 |
| Colección de Productos: transporte de aire, molinos, clasificadores, conducción rápida | 0.9 |
| Filtración de gas: conducción de spray, hornos, reactores, etc | 0.8 |

²⁹ EPA, Diselio de Equipbs de Control de Contaminación, Capítulo Cinco, Filtros de Tejido, 1998

Para las temperaturas por debajo de 50 °F, se usa $T = 50$ pero se tienen una exactitud disminuida; para temperaturas sobre los 275 °F, se usa $T = 275$.

Para la masa de partículas de diámetros menos de 3 PM, el valor de D es 0.8, y para los diámetros mayores que 100 PM, D es 1.2

En cargas de polvos menores a 0.05 gr/ft³, se usa $C = 0.05$ y para cargas de polvos sobre 100 gr/ft³, usar $C = 100$.

Sustituyendo los parámetros de diseño de este sistema de extracción propuesto, se tiene que:

$$V_f = 2.878 \cdot A \cdot B \cdot T^{-0,2335} \cdot C^{-0,06021} \cdot (0,7471 + 0,0853 \cdot \ln D)$$

$$V_f = 2.878 \cdot 9,0 \cdot 0,9 \cdot 68^{-0,2335} \cdot 0,1363^{-0,06021} \cdot (0,7471 + 0,0853 \cdot \ln 0.8)$$

$$V_f = 7,16482 \text{ ft/min}$$

Determinación de la caída de Presión.

La caída de presión (*Ecuación 3.14*) puede calcularse aplicando la siguiente ecuación, la cual está en función del tiempo de filtración que como resultado se obtiene el comportamiento de la caída de presión de un colector del tipo chorro pulsante.

Ecuación 3.14

$$\Delta P = 6.08 V_f \cdot P_j^{-0.65} + K_2 \cdot V_f^2 \cdot (C_i/7000) \cdot t$$

En Donde:

- ΔP : Es la caída de presión total por el colector en pulgadas de H₂O
- V_f : Velocidad de filtración o relación gas – tela
- K_f : Coeficiente de resistencia específico del Polvo
- C_i : La concentración de polvo de entrada al filtro
- T : Tiempo de Filtración en minutos.
- P_j : Presión del chorro pulsante.

Aunque existe mucha variabilidad, los valores para K_2 pueden estar entre 1,2 a 30-40 $[plg H_2O / (ft/min)]/(libras/ft^2)$. Los valores típicos son de alrededor de 1 a 10. La concentraciones de entrada varían desde menos de 0,05 gr/ft^3 a mas de 100 gr/ft^3 , pero un rango aún más típico es de alrededor de 0,5 a 10 gr/ft^3 .

Los tiempos de filtración varían dentro de un rango de 20 a 90 *min* para casas de bolsas en uso continuo, pero un rango entre 30 y 60 *min* se encuentra con mayor frecuencia.

Asumiendo un tiempo de filtración de 5 *min*, y los valores seleccionados por la válvula de 250ms de limpieza y 100psi de presión de pulso, con un K_s de 1, se tiene que:

$$\Delta P = 6.08 \cdot 7,16482 \cdot 100^{-0.65} + 1 \cdot 7,16482^2 \cdot (0,1363/7000) \cdot 5$$

$$\Delta P = 2,18328 + 0,004998$$

$$\Delta P = 2,18827 \text{ in } H_2O = 55,5822 \text{ mm. } H_2O$$

La caída de presión a lo largo de todo el sistema de extracción será, la suma de la caída de presión de la red de tuberías y la caída de presión del colector de polvo:

$$\Delta P_{TOTAL} = \Delta hf + \Delta P$$

$$\Delta P_{TOTAL} = 5,04521 + 55,5822$$

$$\Delta P_{TOTAL} = 60,6274 \text{ mm. } H_2O \approx 595 \text{ Pa}$$

3.1.5. Selección del ventilador centrífugo

Para la generación del caudal que ingresa al filtro y por ende para la filtración, se selecciona el sistema de succión o de presión negativa que consta de un ventilador debiendo cumplir las siguientes características:

- ventilador de succión
- tipo centrífugo
- aletas curvadas hacia atrás (de alta eficiencia; $q = 0.7$)
- opera en zona de aire limpio (no sufre abrasión)

- caída de presión total $60,6274 \text{ mm. H}_2\text{O} \approx 595 \text{ Pa}$
- caudal $1006,4 \text{ m}^3/\text{h} = 16.7773 \text{ m}^3/\text{s}$

La potencia (**Ecuación 3.15**) de consumo adecuada que necesita el ventilador depende de la resistencia que debe vencer o caída de presión y del caudal que debe generar como sigue:

Ecuación 3.15

$$POT = \frac{Q \cdot \Delta P}{\eta}$$

$$POT = \frac{1006,44 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot 595 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot \left| \frac{1\text{h}}{3600\text{s}} \right|}{0,7}$$

$$POT = 237,632 \text{ W} \approx 0,25 \text{ kW} \approx 0,34 \text{ HP}$$

Este dato de la potencia mínima en el ventilador, se lo puede verificar con la selección del ventilador en el **Anexo F**, donde se ha seleccionado el ventilador adecuado bajo las siguientes características:

- Ventilador Centrifugo: **MZ 31/12 - CASALS**
- Caudal: **1006 m³/hr**
- Presión total: **595 Pa**
- Revoluciones: **1285 R.P.M.**
- Potencia: **0,25 kW**
- Eficiencia: **0,70**
- Sonido: **76 dB (A)**

CAPITULO IV

CAPITULO IV

COSTOS DE FABRICACIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO

Los costos de un sistema de extracción, son proporcionales a la cantidad de polvo por unidad de tiempo que se quiera recolectar, y estos a su vez al caudal de aspiración; a la longitud y diámetro de las tuberías, a su construcción. Por lo que es necesario, ubicar el colector lo más cercano posible a los puntos de emisión de polvo.

En el colector de polvo tipo chorro pulsante, el costo es proporcional al área de filtración, ya que mientras más área se requiera deben ser mayores las dimensiones, como también el cuerpo del colector, donde están ubicadas.

De igual forma incide en el costo el sistema de tuberías con sus accesorios, en donde se distingue la cantidad en metros lineales de tubería requerida, y la cantidad en unidades de accesorios necesarios para el sistema. Se considera también que el material seleccionado de estos elementos, acero inoxidable célula 5, es de alta calidad y por ende su costo también es superior respecto a otros materiales.

4.1. COSTO DE FABRICACIÓN

Sin embargo, todo se traduce a recolectar y resumir la información necesaria en dólares para conseguir un costo de producción lo más real y aproximado posible. Es así que en las *Tablas 4.1 - 4.2 - 4.3*, encontramos Costos por Material Directo, Mano de Obra Indirecta e Indirectos de Fabricación respectivamente, elementos que conforman el costo de producción.

Tabla 4.1: Materiales Directos

| SISTEMA DE CONDUCCIÓN | | | | | | |
|---|-------------------|------------------|-------------------|-------------|--------------|-----------------|
| CAMPANAS | | 120 | | | | |
| MATERIAL | # Pl/campana | Total Pl. | Costo Unit | Costo Total | | |
| Plancha de tool galvanizado 2,44x1,22x1/16" | 0.50 | 60 | 25.84 | 1550.40 | | |
| TUBERIAS | | | | | | |
| DIAMETRO | Longitud [mts] | Cant (Tub. 6mts) | + 20% Desperdicio | DCM3 | Costo / TUBO | Costo Total |
| Stainless Steel (ANSI) /Sch. 5S-Diam.: 2" | 252.000 | 42 | 50 | 92.029 | 85.000 | 4284.00 |
| Stainless Steel (ANSI) /Sch. 5S-Diam.: 3" | 232.370 | 39 | 46 | 160.273 | 170.000 | 7900.58 |
| Stainless Steel (ANSI) /Sch. 5S-Diam.: 4" | 55.900 | 9 | 11 | 49.840 | 220.000 | 2459.60 |
| Stainless Steel (ANSI) /Sch. 5S-Diam.: 5" | 5.840 | 1 | 1 | 8.444 | 355.000 | 414.64 |
| Stainless Steel (ANSI) /Sch. 5S-Diam.: 6" | 32.500 | 5 | 7 | 56.140 | 425.000 | 2762.50 |
| | | | | | | 17821.32 |
| ACCESORIOS | | | | | | |
| TIPO | Dimension | Cantidad | Costo Unit | Costo Total | | |
| Standard Bend 90° | 2" | 120 | 9 | 1080.00 | | |
| Branch Tee | 3" | 18 | 40 | 720.00 | | |
| Standard Bend 90° | 3" | 60 | 22 | 1320.00 | | |
| Through Tee | 3" | 13 | 40 | 520.00 | | |
| Standard Bend 90° | 4" | 6 | 35 | 210.00 | | |
| Through Tee | 4" | 2 | 60 | 120.00 | | |
| Through Tee | 6" | 1 | 95 | 95.00 | | |
| | | | | | | 4065.00 |
| COSTO | | | | | | |
| SISTEMA DE CONDUCCIÓN | | | 23436.72 | | | |
| SISTEMA DE FILTRADO | | | | | | |
| Estructura (Bagbouse Galvanizado) | Cuerpo Colector | | 650.00 | | | |
| | Manga-Canastilla | | 800.00 | | | |
| | Tolva de descarga | | 250.00 | | | |
| | Tapa superior | | 200.00 | | | |
| Válvula VXF2150 de 3/4"- Diam:6x6 | Cant:3 | | 285.00 | | | |
| Distribuidor 6 vías+Vénturi (16 Inyectores) | Cant:1 - Cant:16 | | 350.00 | | | |
| Controlador Timer | Cant:1 | | 200.00 | | | |
| Compresor 40 lt-0,6 CFM-140 PSI | Cant:1 | | 650.00 | | | |
| F.L.R | Cant:1 | | 100.00 | | | |
| Válvula seguridad | Cant:1 | | 30.00 | | | |
| COSTO SISTEMA DE FILTRADO | | | 3515.00 | | | |
| SISTEMA DE EXTRACCIÓN | | | | | | |
| Blower (Ventilador) + Motor + Accesorios | Cant:1 | | 1900.00 | | | |

Costo M. D. = 23436.72 + 3515 + 1900

Costo M. D. = **\$28851.72**

Tabla 4.2: Mano de Obra Directa

| Recursos Humanos | Cantidad | Sueldo/hora | Días laborales | Total |
|---|----------|-------------|----------------|----------------|
| Maestro de obra | 1 | 1.93 | 30 | 463.20 |
| Maestro Esp. en: Electricidad y Electronica | 1 | 1.93 | 10 | 154.40 |
| Maestro Esp. en : Soldador | 2 | 1.93 | 60 | 1852.80 |
| Peón | 3 | 1.93 | 60 | 2779.20 |
| Chofer profesional | 1 | 2.37 | 40 | 758.40 |
| Dibujante | 1 | 1.73 | 10 | 138.40 |
| Ingeniero (Director Obra) | 1 | 3.50 | 60 | 1680.00 |
| MANO DE OBRA DIRECTA | | | | 7826.40 |

Tabla 4.3: Indirectos de Fabricación

| INDIRECTOS FABRICACIÓN | Total |
|----------------------------------|---------------|
| Soldadura (Cable) | 300.00 |
| Combustible | 200.00 |
| Pernos, clavos y tornillos | 100.00 |
| Recursos de oficina | 100.00 |
| Otros(pinturas, lijas,etc) | 200.00 |
| Indirectos de Fabricación | 900.00 |

$$COSTO_{Prod.} = COSTO_{M.D.} + COSTO_{M.O.D.} + COSTO_{I.F.}$$

$$COSTO_{Prod.} = 28851,72 + 7826 + 900$$

$$COSTO_{Prod.} = \$37577,72$$

4.2. ANÁLISIS ECONÓMICO Y RENTABILIDAD DEL SISTEMA PROPUESTO PARA CON LA EMPRESA

Para constatar que la empresa está actualmente perdiendo dinero a causa de la presencia del polvo, se presenta en los **Gráficos 3.1.-3.2.-3.3.** y la **Tabla 4.4.**, resultados a partir de las encuestas realizadas en el capítulo primero, en donde se resumido el número de días que no se han laborado por asuntos de descansos médicos a causa del polvo, de acuerdo a los años laborados por cada trabajador en la empresa.

De ahí, se obtiene el número de días correspondientes para verificar el número de días no laborados y que la empresa está pagando a cada empleado durante 1 año, los mismos que se los puede apreciar en la **Tabla 4.5.**

Gráfico 4.1 Respuestas de acuerdo al nivel Medio de rendimiento en el que los mismo trabajadores se han ubicado

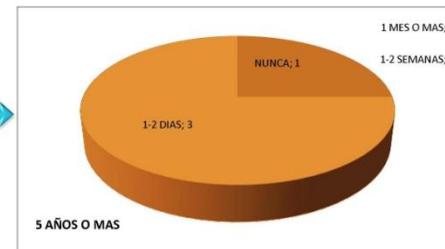
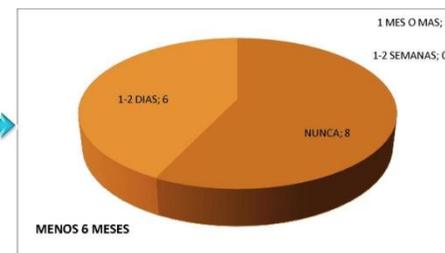
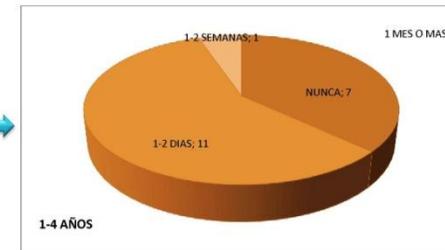
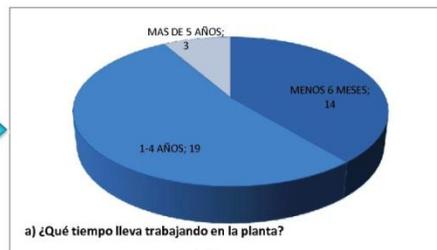
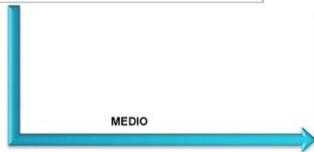
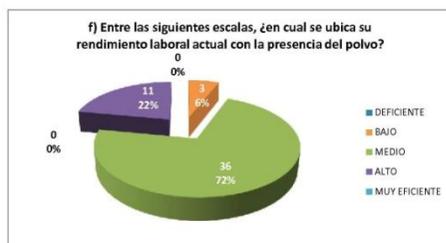


Gráfico 4.2 Respuestas de acuerdo al nivel Alto de rendimiento en el que los mismo trabajadores se han ubicado



ALTO

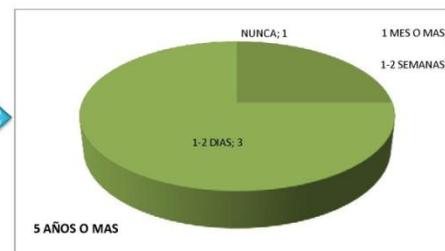
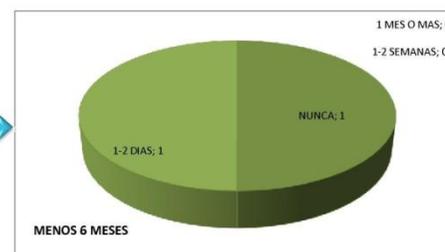
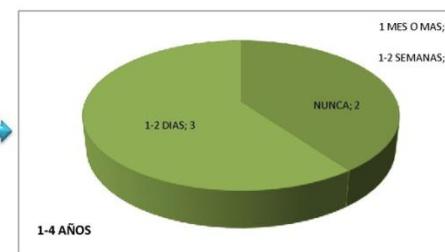


Gráfico 4.3 Respuestas de acuerdo al nivel Bajo de rendimiento en el que los mismo trabajadores se han ubicado

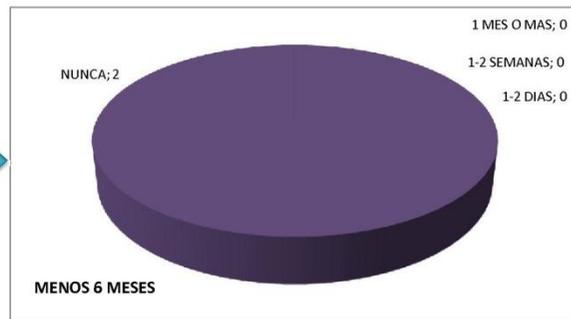
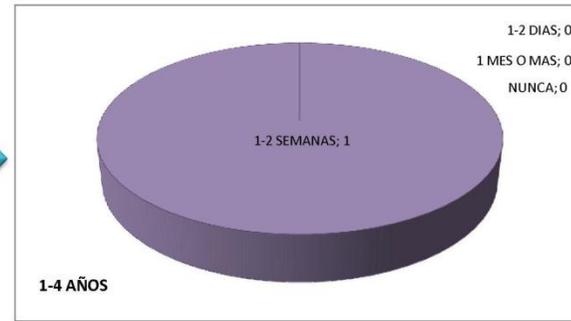
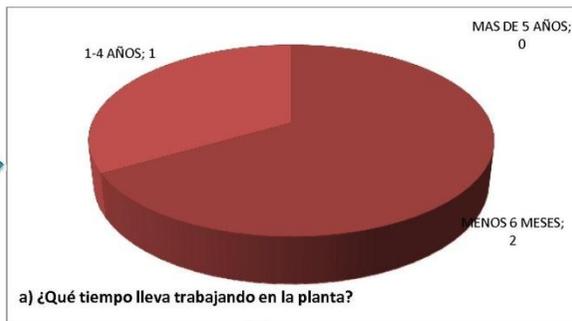
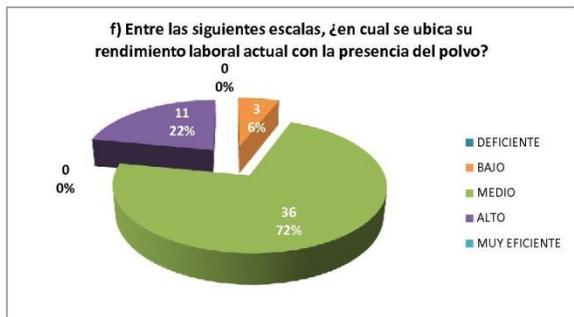


Tabla 4.4: Resumen días no laborados por descanso médico a causa del polvo, en base a los años de labores de cada trabajador (según encuestas)

| Rendimiento | TRABAJAN | Días No/Lab | Cant. personas | SUPUESTO | |
|-------------|---------------|--------------|----------------|--------------|---------------|
| | | | | Años labores | Días Descanso |
| medio | 1-4 años | 1-2 Días | 5 | 1 | 10 |
| medio | 1-4 años | 1-2 Días | 3 | 2 | 12 |
| medio | 1-4 años | 1-2 Días | 2 | 3 | 12 |
| medio | 1-4 años | 1-2 Días | 1 | 4 | 8 |
| medio | 1-4 años | 1-2 Semanas | 1 | 2 | 32 |
| medio | Menos 6 meses | 1-2 Días | 6 | 0.5 | 12 |
| medio | Más 5 años | 1-2 Días | 3 | 5 | 30 |
| alto | 1-4 años | 1-2 Días | 1 | 1 | 2 |
| alto | 1-4 años | 1-2 Días | 1 | 2 | 4 |
| alto | 1-4 años | 1-2 Días | 1 | 3 | 6 |
| alto | Menos 6 meses | 1-2 Días | 1 | 0.5 | 2 |
| alto | Más 5 años | 1-2 Días | 3 | 5 | 30 |
| bajo | 1-4 años | 1-2 Semanas | 1 | 2 | 32 |
| | | | 29 | | |
| | | NUNCA | 7 | | |
| | | | 8 | | |
| | | | 2 | | |
| | | | 1 | | |
| | | | 1 | | |
| | | | 2 | | |
| | | | 21 | | |

Tabla 4.5: Aproximación de días no laborados por descanso médico a causa del polvo en 1 año

| Rendimiento | TRABAJAN | Días No/Lab | Cant. personas | SUPUESTO | |
|-------------|---------------|--------------|----------------|--------------|---------------|
| | | | | Años labores | Días Descanso |
| medio | 1-4 años | 1-2 Dias | 5 | 1 | 10 |
| medio | 1-4 años | 1-2 Dias | 3 | 1 | 6 |
| medio | 1-4 años | 1-2 Dias | 2 | 1 | 4 |
| medio | 1-4 años | 1-2 Dias | 1 | 1 | 2 |
| medio | 1-4 años | 1-2 Semanas | 1 | 1 | 16 |
| medio | Menos 6 meses | 1-2 Dias | 6 | 1 | 24 |
| medio | Más 5 años | 1-2 Dias | 3 | 1 | 6 |
| alto | 1-4 años | 1-2 Dias | 1 | 1 | 2 |
| alto | 1-4 años | 1-2 Dias | 1 | 1 | 2 |
| alto | 1-4 años | 1-2 Dias | 1 | 1 | 2 |
| alto | Menos 6 meses | 1-2 Dias | 1 | 1 | 4 |
| alto | Más 5 años | 1-2 Dias | 3 | 1 | 6 |
| bajo | 1-4 años | 1-2 Semanas | 1 | 1 | 16 |
| | | | 29 | | 100 |
| | | NUNCA | 7 | | |
| | | | 8 | | |
| | | | 2 | | |
| | | | 1 | | |
| | | | 1 | | |
| | | | 2 | | |
| | | | 21 | | |

Considerando que cada trabajador gana por día \$9,45 aproximadamente (8 horas diarias – sin contabilizar las horas extras que si las hacen), los 100 días representan **\$945** al año que la fábrica tiene que pagar a los empleados sin que estos trabajen puesto que están con el respectivo permiso por descanso médico.

Dado que en esos días de descansos médicos la fábrica no puede dejar de producir, es que se tiene que pagar horas extras con el 100% de recargo a otros trabajadores de los demás turnos. Es así que la nueva cifra anual que la empresa gasta por el efecto que causa el polvo en los empleados se incrementa en otros a **\$945**

Otro de los efectos del polvo que provoca pérdidas económicas a la empresa, es en los daños a las tarjetas electrónicas utilizadas para el comando y funcionamiento de los telares.

El dato referencial es que cada mese al menos 1 telar tiene que hacer una parada de aproximadamente 4 horas (estimado 3 a 5 horas) para su mantenimiento correctivo. Traduciendo esto a un año se tiene que al menos 12 telares no produjeron durante 48 horas.

Si se maneja una cifra promedio de 12m de tela producidas en cada telar en 1 hora, y teniendo presente que cada metro de tela tiene un costo promedio de \$1,40; se tiene que la pérdida monetaria por no producir es alrededor de **\$806.40**

En cada uno de estos mantenimientos correctivos, se procede a desoldar las placas, limpiarlas del polvo y cualquier otro agente impregnado, y además hacer las debidas reparaciones posibles para posteriormente hacer las pruebas de rigor antes de volverla a instalarlas. Suponiendo que en materiales y otros rubros, se gasta \$35 por cada mantenimiento correctivo, se tiene que el gasto en un año es de **\$420**.

Sin embargo, la avería más grave que puede suscitarse y que en algunas ocasiones si ha ocurrido, es que la tarjeta definitivamente no funcione y se requiera de una nueva. El costo de cada una bordea los \$2000 dependiendo del telar. Como estadística se tiene que al menos en 3 años se han cambiado 2 tarjetas electrónicas. En donde se deduce que por año se gasta en remplazos de tarjetas alrededor de **\$1334**.

Y finalmente, durante una jornada de trabajo de 24 horas, de los 60 telares en estudio, se cambia la urdimbre (rollo) de al menos 3 telares durante un tiempo de 2 horas por cada urdiembre.

Es esos instantes, de los 120 minutos disponibles, 20 son dedicados a la limpieza externa e interna de partes y piezas críticas de la máquina (orificio salida proyectil, freno proyectil, trama, elementos mecánicos y rodadura, entre otros) en donde se llega a embotar el polvo y que posiblemente después puedan generar daños.

El tiempo que toma la limpieza por día se resume a 1 hora y anualmente resultarían 360 horas, tiempo en que la planta nuevamente no está produciendo. Con ello las pérdidas ascienden en **\$6048**.

Realizando una sumatoria de todas las cifras que generan pérdida se tiene que:

$$P\acute{e}rdida = 945 + 945 + 806,40 + 420 + 1334 + 6048$$

$$P\acute{e}rdida = \$10498,4$$

Con ello, se puede definir que en alrededor de 3,6 años se recupera la inversión realizada en el sistema de extracción de polvo. Para tener una cifra redondeada y considerando que pueden haber otras variables que no se han considerado, se adopta que en **4 años** es posible **recuperar la inversión**, y dado que este tipo de maquinaria o sistemas tienen una depreciación de hasta 10 años, resulta que la empresa puede gozar del activo al menos unos 6 años.

Sin embargo quedan otros indicadores un tanto subjetivos que resulta imposible predecir, pero se estima que los empleados se sentirán bien al trabajar en un mejor ambiente laboral, en donde es posible que su rendimiento laboral aumente notablemente, visto desde su propia percepción y desde la de los directivos.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Al finalizar este documento, se pueden establecer muchas ideas claves que beneficiarán en la toma de decisiones de los administrativos del Grupo Empresarial Gerardo Ortiz e Hijos. INSOMET, ante la problemática del polvo en la planta 2 de Telartec.

- De las 50 personas involucradas con esta sección en estudio, 45 han afirmado que se han enfermado más de una vez por problemas respiratorios, durante el tiempo que llevan trabajando en la empresa.
- De igual forma, se ha podido constatar que aquellas personas que se han enfermado han descansado 1 a 2 días en el mejor de los casos, y de 1 a 2 semanas en situaciones más complejas.
- También se ha comprobado que muchas de las personas enfermas, han laborado en condiciones delicadas de salud y no han podido gozar del respectivo descanso médico por diversas razones que no se han profundizado en esta investigación.
- En una jornada laboral, es posible recolectar 101,172 kg de polvo precipitado hacia el suelo, sin considerar las pérdidas por adhesión a paredes o fugas del polvo hacia los exteriores, entre otros.
- La planta tiene la presencia de PM10, pequeñas partículas de polvo compuesto de una mezcla de almidones, algodón, aglutinantes, poliéster, etc; que se desprenden durante el tejido de las telas.
- Se encontró una concentración media de $205 \mu\text{g}/\text{m}^3$, y según la información recopilada, las personas que se encuentran laborando en estos ambientes, tienden a presentar una disminución de la capacidad respiratoria considerado como un problema de salud moderado en las personas afectadas.
- Dado que se está tratando con PM10, en donde se cataloga la concentración como moderada, resulta eficiente filtrar ese material particulado mediante filtros de tela o mangas, además de que es más económico su costo inicial respecto a otras tecnologías como los ciclones que son aptos para ésta tarea.
- El caudal necesario para extraer aire con polvo, es de aproximadamente $1006,44 \text{ m}^3/\text{hora}$.
- Es pertinente, el uso de campanas receptoras o de toldos, de forma trapezoidal a 45 grados, con una sección rectangular de 1,50 x 0,50 metros. Cada telar deberá poseer 2 campanas de éste tipo.

- Se define hacer la conducción mediante tuberías de acero inoxidable de célula 5, en donde se diseña un sistema arbolado o ramificado, de tal forma que la distribución del caudal se congregue en una tubería central.
- Las pérdidas de presión generadas por el sistema de tuberías son de al menos 4,2 metros de aire, que es aproximadamente igual a 5,04 milímetros de agua.
- El sistema de filtrado se lo realiza mediante la tecnología pulse-jet, en donde el fluido pasa a través de una matriz de mangas, las mismas que recolectan el polvo y las precipitan hacia una tolva inferior.
- Durante la succión, cuando el material particulado se adhiere a la tela formando una torta de polvo como se le conoce en la industria, se genera un pulso de aire controlado por una electroválvula, que expande y sacude los filtros, de tal forma que el polvo embotado caiga hacia la tolva.
- El ventilador de succión apropiado es de marca CASALS MZ 31/12, con álabes invertidos que tienen una capacidad de abastecer una caída de presión de 600 Pa con una eficiencia del 70% consumiendo una potencia aproximada de 0,25 kW.
- En cuanto a la viabilidad de este diseño, se ha definido que el valor de la inversión se puede recuperar en un tiempo no mayor a 4 años, y dado que éste tipo de sistemas de extracción se deprecian en 10 años, se puede deducir que la empresa puede gozar de éste activo fijo al menos unos 6 años en su cédula de costos.
- Finalmente se recomienda utilizar ésta información para cotejar las proformas y propuestas de diseños cuando se decida implementar el sistema de extracción.
- Es importante mejorar la seguridad industrial para el personal afectado, brindándoles periódicamente equipos de protección hasta que se llegue a efectivizar dicho proyecto.
- Monitorear de mejor manera el estado de salud de cada uno de los empleados para que no se presenten complicaciones respiratorias a causa del polvo.

BIBLIOGRAFÍA

- “Manual Básico Del Telar - Artesanos del Secano”, Penciahue - Región del Maule.
- ROMERO, Luna; “Plantas Industriales, Métodos de Ingeniería Industrial”; Venezuela.
- ZAPATA V, Vladimir; “Metodología de Inventario y Distribución de Materiales”.
- ANDRADE, Wilson Aníbal; “Inventario de Planta, Datos referenciales”; Telartec.
- “Norma de Calidad Ambiente Aire. - Republica del Ecuador.” – Libro IV. Anexo 4.
- ARÉVALO, Pablo Ing.; “Informe De Análisis de Aire.”; U.P.S. Cuenca Ecuador.
- WARK Kenneth y WARNER Cecil. ; “Contaminación del aire”. - Limusa, México 1995
- BRAVO ALVAREZ, Humberto. ; “La contaminación del aire en México”. - Universo veintiuno. México 1987
- CAMPOS ARZAPALO, Edmundo Ing.; “El origen de polvos y su mitigación en la minería”; Monografía.
- "Manual de Ventilación de Minas"; Instituto de Ingenieros de Minas del Perú
- “Precipitadores electrostáticos.”; Wikipedia.org.
- SMITH, William F. “Fundamentos de la ciencia de los materiales”; McGraw-Hill; 2da. Edición.
- WOODARD, Kenneth; “Técnicas de Control de Materia Particulada Fina Proveniente de Fuentes Estacionarias”; U.S. Environmental Protection Agency.
- CASTRO M. Javier.; “ Operación y Movimiento de Calderas”.; Octubre 2002.
- CENGEL. Yunus.; “Termodinámica”. ; Tomo II Segunda Edición 1996.
- VATAVUK, William M.; “Campanas, Ductos y Chimeneas.”; U.S. Environmental Protection Agency.; Septiembre 1999.
- SOLER & PALAU. ; “Manual Práctico de Ventilación.” España 2009.

- GOYA. Héctor E. ; “Dimensionado De Líneas Para Sistemas de Vacío”; - CNEA – CAC
- ANSI / ASME B36.19M-1985
- PERALTA, Germán; “Calculo Y Diseño Flujo dinámico De Un Filtro de Mangas”.
- EPA; “Diseño de Equipos de Control de Contaminación”; Filtros de Tejido. 1998.

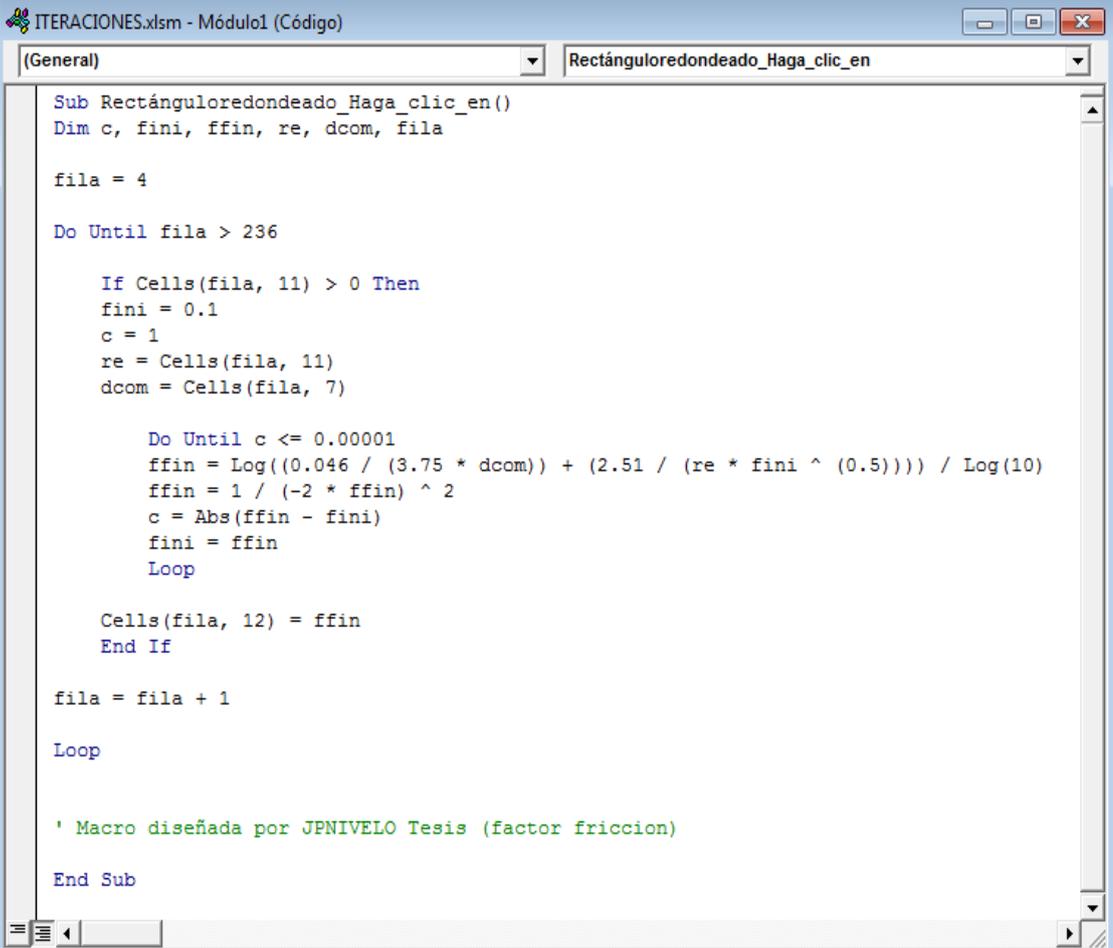
Bibliografía Complementaria:

- TUBINOX; “Tuberías y Características del Acero Inoxidable”.
www.tubinox.com
- KAR KLEIN, Ventilatorenbau GmbH; “Instrucciones de Manejo, Ventiladores Radiales”. ; Alemania; www.karl-klein.de
- InFeSa Ingenieria; “Filtros de Mangas CPM”. ; Argentina;
www.infesa.com.ar
- DAXESOFT Ltd. ; “Gua De Usuario PIPEFLOW Espert.” Ucraina, 2010;
www.pipeflow.com.uk
- INSTITUTO DE TECNOLOGIA CERAMICA. ; “Depuración de Emisiones Gaseosas Acidas de la Industria Cerámica.” España 2009.
- ACERCAR. ; “Control de Emisiones.” Colombia, 2007.
- UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL. ; “Control de Emisiones a la Atmosfera.” Argentina.

ANEXO – A

**MACRO PARA ITERAR LA
FÓRMULA DE COLLEBROOK**

MACRO PARA ITERACIONES DE LA FÓRMULA DE COLEBROOK



```
ITERACIONES.xlsm - Módulo1 (Código)
Rectánguloredondeado_Haga_clic_en

Sub Rectánguloredondeado_Haga_clic_en()
Dim c, fini, ffin, re, dcom, fila

fila = 4

Do Until fila > 236

    If Cells(fila, 11) > 0 Then
        fini = 0.1
        c = 1
        re = Cells(fila, 11)
        dcom = Cells(fila, 7)

        Do Until c <= 0.00001
            ffin = Log((0.046 / (3.75 * dcom)) + (2.51 / (re * fini ^ (0.5)))) / Log(10)
            ffin = 1 / (-2 * ffin) ^ 2
            c = Abs(ffin - fini)
            fini = ffin
        Loop

        Cells(fila, 12) = ffin
    End If

    fila = fila + 1

Loop

' Macro diseñada por JPNIVELLO Tesis (factor friccion)

End Sub
```

ANEXO - B

**COEFICIENTE “K” PARA
ACCESORIOS**

ANEXO - C

**CÁLCULO DE CAÍDA DE
PRESIÓN Y
DIMENSIONAMIENTO DE
TUBERÍAS**

ANEXO - D

**ANÁLISIS DE LA RED DE
TUBERÍAS CON EL SOFTWARE
“PIPE FLOW EXPERT”**

ANEXO – D.1

**DATOS DE ENTRADA EN EL
SOFTWARE “PIPE FLOW
EXPERT”**

ANEXO – D.2

RESULTADOS

PROPORCIONADOS POR EL

SOFTWARE “PIPE FLOW

EXPERT”

ANEXO - E
VÁLVULA SOLENOIDE

ANEXO - F
VENTILADOR CENTRÍFUGO

ANEXO - G
PLANOS Y ESQUEMAS