

**DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN SISTEMA DE  
EXTRACCION, SEPARACION Y RECOLECCION DEL  
POLVILLO DE PIEDRAS TRITURADAS PARA LA EMPRESA  
CORPISOS S. A.**

**ALI ALTAHONA UTRIA  
CARLOS EDO. GUTIERREZ PERTUZ**

**CORPORACION UNIVERSITARIA TECNOLOGICA DE BOLIVAR  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA  
CARTAGENA DE INDIAS D.T.H. Y C.  
2001.**

**DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN SISTEMA DE  
EXTRACCION, SEPARACION Y RECOLECCION DEL  
POLVILLO DE PIEDRAS TRITURADAS PARA LA EMPRESA  
CORPISOS S. A.**

**ALI ALTAHONA UTRIA  
CARLOS EDO. GUTIERREZ PERTUZ**

**Trabajo de grado presentado para optar al título de Ingeniero  
Mecánico**

**Director  
BENJAMIN E. ARANGO ZABALETA  
Ingeniero Metalúrgico**

**CORPORACION UNIVERSITARIA TECNOLOGICA DE BOLIVAR  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA  
CARTAGENA DE INDIAS D.T.H. Y C.**

**2001.**

Cartagena de Indias, Abril 18 del 2001

Señores:

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR  
FACULTAD DE INGENIERIA MECÁNICA  
COMITÉ DE EVALUACIÓN DE PROYECTOS**

Ciudad.

Apreciados señores.

Por medio de la presente me dirijo a ustedes con el fin de manifestarles que he dirigido el proyecto de grado titulado **“DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN SISTEMA DE EXTRACCION, SEPARACION Y RECOLECCION DEL POLVILLO DE PIEDRAS TRITURADAS PARA LA EMPRESA CORPISOS S.A.”** realizado por los estudiantes **ALI ALTAHONA UTRIA** y **CARLOS E. GUTIERREZ PERTUZ**, quienes lo presentan como requisito para optar el titulo de Ingeniero Mecánico.

Atentamente:

---

**BENJAMIN E. ARANGO ZABALETA**

Ingeniero Metalúrgico

Director del proyecto

Cartagena de Indias, Abril 18 del 2001

Señores:

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR  
FACULTAD DE INGENIERIA MECÁNICA  
COMITÉ DE EVALUACIÓN DE PROYECTOS**

Ciudad.

Respetados señores.

Con la presente nos permitimos entregar a ustedes, para revisión y aprobación nuestro proyecto de grado titulado **“DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN SISTEMA DE EXTRACCION, SEPARACION Y RECOLECCION DEL POLVILLO DE PIEDRAS TRITURADAS PARA LA EMPRESA CORPISOS S.A.”**, como requisito para optar al titulo de Ingeniero Mecánico.

Atentamente:

ALI ALTAHONA UTRIA  
C.C.# 73.569.651 de Cartagena

CARLOS GUTIERREZ PERTUZ  
C.C. # 73.161.189 de Cartagena

## **ARTICULO 105**

La Corporación Universitaria Tecnológica de Bolívar, se reserva el derecho de propiedad intelectual de todos los trabajos de grado aprobados y no pueden ser explotados comercialmente sin ser autorizados.

**NOTAS DE ACEPTACION.**

---

---

---

---

---

Presidente del jurado

---

Jurado calificador

---

Jurado calificador

Cartagena de Indias D.T.H y C., Abril 18 del 2001

*A Dios le doy gracias por darme  
las fuerzas necesarias para  
culminar esta carrera.*

A mis padres a quienes ofrezco el logro alcanzado, ya que en todo momento me brindaron su apoyo incondicional.

*A mis hermanos y amigos que me  
dieron aliento en el momento  
indicado.*

*Ali*

*A Dios, por darme la fe y la  
esperanza, en los momentos más  
difíciles.*

A mis padres, Boanerge Tomas Gutiérrez Pertuz (Q.E.P.D.) y Dolores María Pertuz Granados, por brindarme incondicionalmente su apoyo moral y económico, durante y en la culminación de mi carrera.

*Carlos Eduardo.*



## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores expresan sus agradecimientos a:

La empresa CORPISOS S.A., por su valioso aporte económico y logístico para el desarrollo de nuestro proyecto.

La empresa VIKINGOS S.A. por su asesoría prestada.

Miguel A Romero R. Ingeniero Mecánico, profesor de la institución y Vladimir Quiroz, Ingeniero Mecánico, profesor de la institución y en general a todo el cuerpo de docentes de las facultades de ingenierías por guiarnos en la formación personal y profesional.

Benjamin E. Arango Z. Ingeniero Metalúrgico, profesor de la Institución y Director de nuestro proyecto, por su valiosa ayuda en el desarrollo del mismo.

Guillermo Ariza. Ingeniero Ambiental y Director CARDIQUE. Por su valiosa colaboración en la ejecución del Estudio de Impacto Ambiental.

A nuestros familiares, por creer siempre en nosotros, y a todas las personas que de una u otra manera hicieron parte de este proyecto.

**CONTENIDO.**

	Pag.
INTRODUCCION	28
1. GENERALIDADES	30
1.1. LA EMPRESA CORPISOS S.A.	30
1.1.1. Piedra coralina	32
1.1.2. Coralina	32
1.2. POLVILLO	32
1.3.	LA
ASPIRACION	34
2. SISTEMA DE EXTRACCION	35
2.1. SISTEMA DE ASPIRACION LOCALIZADA	35
2.2. TIPOS DE COLECTORES	36
2.2.1. Cámaras ventiladas	36
2.2.2. Campanas extractoras	36
2.2.2.1. Campanas suspendidas	37
2.2.2.2. Campanas laterales	38
2.2.2.3. Campanas múltiples	40

2.2.3. Colectores perfilados	40
2.3. DUCTOS DE SUCCION Y DESCARGA	40
2.3.1. Accesorios de los ductos	42
2.3.1.1. Tuberías cónicas	42
2.3.1.2. Codos	43
2.3.1.3. Tees	44
2.3.1.4. Soportes de tubería	44
2.4. VENTILADORES	45
2.5. TIPOS DE VENTILADORES	46
2.5.1. Ventilador axial	46
2.5.1.1. Ventilador axial de propela, hélice	47
2.5.1.2. Ventilador axial tubular	47
2.5.2. Ventilador centrífugo	48
3. SISTEMA DE SEPARACION	51
3.1. METODOS DE SEPARACION	51
3.1.1. Cámaras de sedimentación	51
3.1.2. Ciclones	52
3.1.3. Filtros de tela	56
3.1.4. Separadores inerciales	59
3.1.5. Precipitadores electrostáticos	60
3.1.6. Colectores húmedos	61
4. MATERIALES EMPLEADOS	63

4.1. MATERIALES SELECCIONADOS	63
4.1.1. Materiales para los ductos	63
4.1.2. Materiales para los ventiladores	63
4.1.3. Materiales para los ciclones	64
4.1.4. Materiales para las poleas	64
5. DISEÑO DEL SISTEMA DE EXTRACCION	65
5.1. DISEÑO DEL COLECTOR O CAMPANA	66
5.2. CALCULOS EN LA SUCCION DEL SISTEMA	68
5.2.1. Diámetro del ducto de succión	68
5.2.2. Area del ducto en la succión	68
5.2.3. Velocidad real de diseño	69
5.2.4. Longitud de los ductos en pies	69
5.2.5. Longitud equivalente de los codos	70
5.2.6. Longitud equivalente total ( $L_T$ )	71
5.2.7. Resistencia en pulgadas de agua (in $H_2O$ ) por 100 pies	71
5.2.8. Resistencia en in $H_2O$ de la longitud total	72
5.2.9. Presión de velocidad en in $H_2O$	72
5.2.10. Succión en la campana en presión de velocidad (PV)	73
5.2.11. Resistencia en in $H_2O$ en la succión de la campana	74
5.2.12. Pérdidas en in $H_2O$ en la tobera	74
5.2.13. Resistencia en in $H_2O$ de la presión estática (PE)	75
5.3. CALCULOS EN LA DESCARGA DEL SISTEMA	75
5.3.1. Longitud de los ductos en pies	75
5.3.2. Número de codos y entradas	76

5.3.3. Longitud equivalente de codos y entradas	76
5.3.4. Longitud equivalente de los tramos	77
5.3.5. Resistencia en in H <sub>2</sub> O por 100 pies	77
5.3.6. Resistencia en in H <sub>2</sub> O para cada tramo	78
5.3.7. Pérdidas en el difusor	80
5.3.8. Pérdidas en el ciclón	80
5.3.9. Pérdidas en el cilindro interno (ducto de salida de aire limpio)	81
5.3.10. Pérdidas totales en el ciclón	82
5.3.11. Resistencia en in H <sub>2</sub> O de PE en la descarga	82
5.4. SELECCIÓN DEL VENTILADOR	83
5.4.1. Tipo de ventilador	84
5.5. SELECCIÓN DE RODAMIENTOS	85
5.5.1. Capacidad de carga	85
5.5.2. Carga dinámica equivalente	86
5.5.3. Cálculo de las fuerzas que soportan los rodamientos	87
5.5.4. Carga estática equivalente (P <sub>o</sub> )	88
5.5.5. Capacidad de carga estática (C <sub>o</sub> )	89
5.5.6. Carga dinámica equivalente (P)	89
5.6. SELECCIÓN DE MOTOR	91
5.6.1. Potencia del motor	91
5.6.2. Tipo de motor	92
5.7. SELECCION DE POLEAS Y CORREAS	92
5.7.1. Potencia de diseño	93
5.7.2. Diámetro de las poleas	93
5.7.3. Velocidad media	94

5.7.4. Distancia entre centros de poleas	95
5.7.5. Potencia nominal	96
5.7.6. Longitud de la correa	96
5.7.7. Distancia real entre centros de poleas	97
5.7.8. Potencia nominal corregida	97
5.7.9. Número de correas	98
6. DISEÑO DEL SISTEMA DE SEPARACION	99
6.1. SELECCIÓN DE LAS DIMENSIONES DEL CICLON	99
6.2. DISEÑO DEL DUCTO DE SALIDA DEL AIRE LIMPIO	101
7. DISEÑO DEL SISTEMA DE RECOLECCION DEL POLVILLO	102
7.1. DISEÑO DEL DEPOSITO	102
8. ACCESORIOS ELECTRICOS	104
8.1. PROTECCION DEL CIRCUITO	104
8.2. SELECCIÓN DE LOS ACCESORIOS ELECTRICOS	105
8.2.1. Relé	106
8.2.2. Contactores	106
8.2.3. Pulsadores	107
8.2.4. Conductores	107

9.	ANALISIS DE COSTOS Y EVALUACION ECONOMICA DEL SISTEMA	108
9.1.	ANALISIS DE COSTOS	108
9.1.1.	Recursos humanos	109
9.1.2.	Actividades de montaje	109
9.1.3.	Costos por mano de obra	109
9.1.4.	Costos por materiales directos	109
9.1.5.	Costos por obras civiles	110
9.1.6.	Equipos y herramientas	110
9.1.7.	Costos de transporte	110
9.1.8.	Costos generales de fabricación	110
9.2.	DETALLE DE LOS COSTOS	111
9.2.1.	Descripción de los recursos humanos	111
9.2.2.	Listado de actividades del montaje	112
9.2.3.	Presupuesto total mano de obra por especialidad	113
9.2.4.	Lista de materiales con totales y subtotales	114
9.2.5.	Obras civiles	115
9.2.6.	Listado de equipos y herramientas	116
9.2.7.	Gastos de transporte	117
9.2.8.	Presupuesto total de fabricación y montaje	117
9.3.	EVALUACION ECONOMICA	118
10.	MANTENIMIENTO DEL SISTEMA	132
10.1.	PROGRAMA DE INSPECCION PERIODICA	132

10.1.1. Inspección diaria	133
10.1.2. Inspección semanal	133
10.1.3. Inspección mensual	134
10.1.3.1. Mantenimiento del motor	134
10.1.3.2. Mantenimiento del ventilador	135
10.2. OTROS ASPECTOS	136
11. DESCRIPCION Y CARACTERIZACION AMBIENTAL DEL AREA DE ESTUDIO	137
11.1. FACTORES ABIOTICOS	137
11.1.1. Morfología	137
11.1.2. Climatología	138
11.1.3. Parámetros de estudio	139
11.1.3.1. Vientos	139
11.1.3.2. Aires	139
11.2. FACTORES BIOTICOS	140
11.2.1. Terrestres	140
11.2.2. Aspectos socio-económicos-culturales	140
11.3. EVALUACION DEL IMPACTO AMBIENTAL	141
11.3.1. Aspectos metodológicos	141
11.3.2. Actividades de desarrollo	143
11.3.3. Identificación de las actividades generadoras de impactos	143
11.3.4. Inventarios de impactos potenciales	144
11.3.5. Significancia de los efectos ambientales	144



11.3.6. Manejo de los impactos ambientales	144
11.4. EFECTOS AMBIENTALES DEL PROYECTO	146
11.5. PLAN DE MANEJO AMBIENTAL	148
11.5.1. Programa de gestión social	150
11.5.1.1. Información y comunicación sobre el sistema de extracción, separación y reparación del polvillo	150
11.5.1.2. Inducción y sensibilización al personal vinculado	151
11.5.1.3. Salud ocupacional y seguridad industrial	152
11.5.1.4. Afectación a terceros e infraestructura	152
11.5.2. Programa de control de emisiones	153
11.5.2.1. Manejo de emisiones	153
11.5.3. Programa de manejo y disposición de materiales	154
11.5.3.1. Manejo de materiales	154
11.5.4. Programa de seguimiento ambiental	155
11.5.5. Programa de monitoreo ambiental	157
11.6. SEGURIDAD INDUSTRIAL	159
11.6.1. Plan de contingencia	159
11.6.2. Plan de emergencias	160
11.6.3. Marco normativo	161
11.6.3.1. Incendios	162
11.6.3.2. Sismos o derrumbes de tierra	162
11.6.3.3. Explosiones	163
11.6.3.4. Derrame de hidrocarburos (ACPM)	163
11.6.3.5. Exposición a altas concentraciones del contaminante (polvillo)	164

12. PRODUCTOS ELABORADOS POR EL POLVILLO	165
12.1. PRODUCTOS	165
12.2. APLICACIONES	165
CONCLUSIONES	167
RECOMENDACIONES	168
BIBLIOGRAFIA	169
ANEXOS	171

**LISTA DE TABLAS**

	Pag.
Tabla 1. Descripción de los recursos humanos	111
Tabla 2. Listado de actividades del montaje	112
Tabla 3. Presupuesto total mano de obra por especialidad	113
Tabla 4. Lista de materiales con totales y subtotales	114
Tabla 5. Obras civiles	115
Tabla 6. Listado de equipos y herramientas	116
Tabla 7. Gastos de transporte	117
Tabla 8. Presupuesto total de fabricación y montaje	117

**LISTA DE FIGURAS**

	Pag.
Figura 1. Campana suspendida.	37
Figura 2. Campana lateral.	39
Figura 3. Tubería cónica.	42
Figura 4. Codos.	43
Figura 5. Tees.	44
Figura 6. Ventilador axial de propela.	47
Figura 7. Ventilador axial tubular.	48
Figura 8. Ventilador centrífugo.	50
Figura 9. Cámara de sedimentación	52
Figura 10. Ciclón	53
Figura 11. Filtros de tela	57
Figura 12. Dimensiones de la campana	67
Figura 13. Longitudes en la succión	69
Figura 14. Longitudes en la succión	70
Figura 15. Longitudes en la descarga	76
Figura 16. Parámetros de salida	79
Figura 17. Longitud del cilindro interno	81
Figura 18. Diagrama de fuerzas	87

Figura 19. Dimensiones de las correas	98
Figura 20. Dimensiones del depósito	103

## LISTA DE CUADROS

	Pag.
Cuadro 1. Calibres recomendados para laminas metálicas	64
Cuadro 2. Dimensiones recomendadas para los ciclones	100
Cuadro 3. Comparación de costos de operación	121
Cuadro 4. Balance general	124
Cuadro 5. Ingresos por venta	125
Cuadro 6. Presupuesto de inversión	125
Cuadro 7. Costos (80% variables y 20% fijos)	126
Cuadro 8. Depreciación y diferidos	126
Cuadro 9. Flujo de operación	127
Cuadro 10. Flujo neto de caja	128
Cuadro 11. Resumen multianual de parámetros Meteorológicos	138
Cuadro 12. Significancia de los impactos ambientales	142
Cuadro 13. Identificación de impactos potenciales del proyecto	145
Cuadro 14. Análisis de significancia de los efectos Ambientales	

Cuadro 15. Manejo de los impactos ambientales	146
Cuadro 16. Actividades de información	151
Cuadro 17. Inducción	151
Cuadro 18. Salud y seguridad	152
Cuadro 19. Afectación a terceros	153
Cuadro 20. Manejo de emisiones	154
Cuadro 21. Manejo de materiales	155
Cuadro 22. Programa de gestión social	158
Cuadro 23. Programa de control de emisiones	158
Cuadro 24. Programa de manejo y disposición de materia prima	159

## LISTA DE ANEXOS

- Anexo A. Rango de velocidades de diseño
- Anexo B. Area y circunferencia de círculos
- Anexo C. Resistencia equivalente en pies de tubería recta
- Anexo D. Pérdidas por fricción en pulgadas de agua por 100 pies
- Anexo E. Presiones de velocidad para diferentes velocidades aire a condiciones normales
- Anexo F. Pérdidas a la entrada de las campanas
- Anexo G. Factor de corrección para la densidad del aire  $d$
- Anexo H. Catálogo de ventiladores
- Anexo I. Factores de seguridad
- Anexo J. Catálogo de motores
- Anexo K. Coeficiente de servicio,  $N_{sf}$
- Anexo L. Selección de secciones transversales en correas en  $V$
- Anexo M. Longitud normalizada de correas trapezoidales
- Anexo N. Coeficientes de diámetros pequeños  $K_d$
- Anexo O. Coeficiente de arco de contacto  $K_\theta$



Anexo P. Factor de corrección de longitud  $K_l$

Anexo Q. Catalogo de rodamiento

Anexo R. Catalogo de accesorios eléctricos

Anexo S. Catalogo de laminas de aceros

Anexo T. Tasa de interés

Anexo U. Principios de diseño

## **RESUMEN**

### **TITULO:**

“DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN SISTEMA DE EXTRACCION, SEPARACION Y RECOLECCION DEL POLVILLO DE PIEDRAS TRITURADAS PARA LA EMPRESA CORPISOS S.A.”

**AUTORES:** ALI ALTAHONA UTRIA  
CARLOS EDUARDO GUTIERREZ PERTUZ

### **OBJETIVO DE LA INVESTIGACION:**

Diseñar, construir y poner en marcha un sistema de extracción, separación y recolección del polvillo obtenido de la trituración de piedras, para mejorar el proceso de obtención, disminuyendo así los costos de producción y pérdidas de este producto.

### **METODOLOGIA:**

El tipo de investigación del presente proyecto es aplicada experimental dada sus características y etapas ya que es necesario revisar la literatura del problema, identificarla, formular hipótesis, realizar experimentos e informar resultados, las técnicas de recolección de la información fueron basadas en información primaria e información secundaria.

### **RESULTADOS DE LA INVESTIGACION:**

Con la realización de este proyecto se busca la optimización del proceso de recolección del polvillo obtenido de la trituración de piedras, con el fin de disminuir costos en su producción sin ningún perjuicio ambiental.

Los dispositivos del sistema de extracción, separación y recolección del polvillo fueron diseñados de acuerdo a unos parámetros como son la economía, la funcionabilidad, los factores técnicos y otros; ya que la empresa CORPISOS S.A., también se encuentra afectada por los problemas económicos del país.

Además que los cálculos realizados en el presente proyecto fueron basados en la producción horaria, destacando que la empresa trabaja por temporadas o por pedidos anticipados.

**DIRECTOR:** BENJAMIN EDUARDO ARANGO ZABALETA  
INGENIRO METALURGICO

## **INTRODUCCION.**

El presente proyecto trata el tema relacionado con el sistema de extracción, separación y recolección del polvillo obtenido de la trituración de piedras, el cual fue desarrollado en las instalaciones de la Empresa CORPISOS S.A. localizada en el municipio de Turbaco, Bolívar. Esta zona es muy rica en la obtención de piedras coralinas, con las que se realizan baldosas, adoquines, bloques para la restauración de fachadas en casas coloniales, así como la fabricación de accesorios para el hogar y decoración de interiores.

El proceso de recolección del polvillo de piedras trituradas, es de suma importancia para la empresa, puesto que con este se pueden realizar nuevas piezas de decoración y restaurar las ya existentes con un grado de deterioro avanzado; con la ayuda, obviamente, de un aglutinante, formando una masilla para así ser utilizada en cualquiera de los procesos realizados por la empresa. Dicho proceso consta de un sistema de captación del polvo, desde su fuente emisora, de otro que se encarga de realizar la separación del polvo del aire y de un sistema final, el cual es quien recoge las partículas del polvillo ya separadas de la mezcla; dotado, además de un ducto por donde sale el aire más o menos libre de

impurezas. Cabe destacar que el óptimo funcionamiento de los dispositivos del sistema en general dependen del buen mantenimiento que se le realice a cada uno de ellos, es importante cumplir con un plan de mantenimiento, ya que todos los elementos están en contacto directo con la mezcla contaminante, de lo contrario se estará dando cabida al rápido deterioro de las máquinas y motores como a la sedimentación del polvillo en los tramos horizontales de la tubería y accesorios.

También se muestra el desarrollo de los cálculos y selecciones pertinentes de los dispositivos que harán parte del sistema en general; detallando, además los valores económicos que se invirtieron para el desarrollo y culminación del proyecto. En la actualidad estos sistemas de separación de impurezas (polvillo) son adoptados, casi obligatoriamente por las empresas que manejan este tipo de contaminante, ya que se está exigiendo su utilización, por medio de la legislación ambiental decretada por el gobierno Colombiano, como lo es la ISO 14000, además de conservar el medio ambiente, cuida y mejora las condiciones ambientales del trabajador expuesto a esta contaminación.

## **1. GENERALIDADES.**

### **1.1. LA EMPRESA “CORPISOS S. A.”**

Coralinas y Pisos - CORPISOS S.A., es una organización sólida y eficiente, dedicada a la fabricación de pisos que nace 45 años atrás en la pujante ciudad de Medellín - Colombia, centro industrial y de negocios. Hoy la historia se refleja positivamente en todos los aspectos de la compañía; en la atención, experiencia, calidad de sus productos, servicios y la oportunidad en sus despachos. El amor a lo tradicional les condujo al éxito en los negocios, pues el trabajo artesanal de los primeros hombres, por su belleza y colorido, ha embellecido los más nobles espacios de varias generaciones; sin embargo los tiempos cambian, sin que varíe en las personas la definición y el concepto de lo que es bello, de lo estético. Asumiendo el presente reto adecuaron su compañía a las exigencias tecnológicas contemporáneas, sin dejar atrás las huellas y el legado que el paso del tiempo ha impreso en sus productos y servicios, lo cual en suma, se traduce en "especie de perfección". Su actividad económica consiste en la fabricación, distribución y venta de baldosas y pisos, elaborados con la más amplia gama de minerales, rocas y mármoles extraídos de las minas y canteras esparcidas por el territorio nacional.

En los últimos años se han especializado en el aprovechamiento de la piedra coralina; la cual proviene de antiguas formaciones rocosas, cuya composición natural de fósiles marinos y minerales como la caliza dan como resultado la materia prima de majestuosa belleza, color, textura y resistencia, que cortándola en diversos formatos, utilizamos en múltiples diseños aplicados a recubrimientos para pisos y fachadas, o la artesanal obra de variados objetos tales como molduras, cenefas, vasijas, bases para mesas y columnas, entre otros. Es importante destacar el hecho de que esta piedra proviene de zonas destinadas y autorizadas para explotación minera en que no se destruye el medio ambiente, ya que no se trata de producto biológico o recipiente de vida.

La Empresa ha tomado este rumbo de acuerdo con la ubicación estratégica de su planta de producción en los alrededores de la ciudad heroica de Cartagena de Indias, la cual con orgullo exhibe al mundo sus murallas, baluartes, castillos y catedrales, declaradas con razón por la ONU "Patrimonio Histórico y Cultural de la Humanidad", obras construidas en esta inmortal piedra coralina usada con generosidad por los españoles en sus portentosas edificaciones del siglo XVI que hasta hoy perduran intactas.

**1.1.1. Piedra coralina.** La piedra coralina es extraída de montañas naturales, ubicadas en proximidades de las poblaciones de Turbaco, Turbana y Arjona en el atlántico colombiano. Son formaciones rocosas

de corales submarinos, su composición natural de fósiles marinos y minerales como la caliza da lugar al encanto de su textura irregular, la cual refleja el movimiento del mar.

**1.1.2. Coralina.** Es una tableta recortada de piedra coralina, clasificada entre las calcáreas compuestas de carbonato de calcio, restos de animales marinos (fósiles) como moluscos y corales concentrados en capas, de textura porosa y variada densidad, de tonalidades que van desde crema claro, hasta tonos tierra suave. Disponible en múltiples formatos, inclusive pueden tomarse pedidos con medidas especiales. Según la porosidad se ofrece en normal y compacta.

## **1.2. EL POLVILLO.**

El término polvo o polvillo incluye todos los sistemas de partículas sólidas esparcidas por un medio gaseoso, a estos sistemas se les llama *dispersos* y constan de una fase dispersa, que es la partícula y el medio *dispersante*, que es el aire o gas. El polvillo se produce al triturar, moler, barrenar, maquinar, rectificar, pulir, al desmoldear en las fundiciones y en otros procesos, y puede tener consecuencias adversas para la salud de los trabajadores. El tamaño de las partículas es de gran importancia, así



como su forma, densidad y carga eléctrica; estas propiedades se deben tener en cuenta tanto desde el punto de vista tecnológico como el higiénico. Desde el punto de vista tecnológico afecta al procedimiento para recogerlos en su fuente y a la forma de eliminarlos del aire.

La distribución de tamaños de partículas en una nube de polvo no permanece constante, son varios los factores que pueden ocasionar coagulación de las partículas, y por lo tanto provocar su asentamiento.

La velocidad de coagulación depende de la homogeneidad de tamaño y forma de la partícula y de su carga eléctrica, si los demás factores se mantienen invariables, la coagulación es más rápida cuando aumenta el tamaño de la partícula.

Las motas de polvo están rodeadas por una capa de aire absorbido cuya presión parcial es máxima en la superficie de la partícula y disminuye rápidamente con la distancia hasta ser igual a la presión atmosférica; por esta razón los polvillos finos no se aglutinan después de largos periodos de almacenaje sino que fluyen como si fueran líquidos.

### **1.3. LA ASPIRACION.**

Existe una gran diferencia entre la configuración de una corriente que se dirige a un orificio de aspiración y la de un chorro que sale a presión, al aumentar la distancia al orificio de aspiración, la velocidad disminuye más que si el aire saliera del mismo orificio a la misma velocidad con que entra. Esto se debe a que en el proceso de aspiración, el fluido se acerca a la abertura en todas las direcciones, mientras que en la descarga, el fluido saliente y el aire que arrastra consigo forman un chorro cónico cuyo ángulo en el vértice depende del grado de turbulencia.

Las campanas extractoras suelen ser de forma piramidal o cónicas, se ha comprobado que alargando los lados de la campana sin cambiar el diámetro del tubo de alimentación, no se modifica la distribución de velocidad, siempre que se tome como unidad característica de longitud el diámetro del extremo abierto de la campana y como unidad de velocidad, la velocidad media en el mismo extremo abierto. (caudal volumétrico entre área de succión).

## **2. SISTEMA DE EXTRACCION.**

## **2.1. SISTEMAS DE ASPIRACION LOCALIZADA.**

La extracción del polvillo por aspiración localizada es un método de ventilación muy eficaz, puesto que el polvillo se recoge en su fuente de emisión, con lo que impide que este se desperdicie por expansión del aire circundante en la zona de trituración y además que no pueda contaminar su totalidad y así la renovación de aire queda reducida a un mínimo.

Los sistemas de aspiración localizada constan de un colector o receptor de contaminante (mezcla aire-polvo) y un conducto por el que se transporta dicha mezcla, el cual puede descargar directamente a la atmósfera o pasar previamente por un equipo purificador. La parte más importante de este sistema es el colector que capta la mezcla aire-polvo.

## **2.2. TIPOS DE COLECTORES.**

Los colectores o campanas pueden ser de varios tipos o clases, los cuales difieren en su posición con respecto a las fuentes de emisión de las impurezas; entre ellas se tienen: las cámaras ventiladas, campanas extractoras y los colectores perfilados.

**2.2.1. Cámaras ventiladas.** En este sistema de ventilación localizada la mezcla aire-polvo, está confinadas en un espacio cerrado del que son extraídas por un sistema mecánico o por las corrientes naturales.

Debido al pequeño número de aberturas con que cuentan las cámaras ventiladas se puede captar la mezcla con un consumo mínimo de aire, pero esta mezcla se puede escapar por las aberturas y las fugas o pueden salir con los materiales y herramientas cuando son retirados de la campana.

**2.2.2. Campanas extractoras.** Son colectores de los sistemas de aspiración localizada que suelen tener forma piramidal o cónica y que se instalan encima o a un lado de la fuente emisora del polvo, su uso es muy común.

En las campanas extractoras siempre existe un espacio no confinado entre la fuente emisora del polvo y la propia campana. Por esta razón el aire de los alrededores puede circular por encima de la fuente y, en

ciertas condiciones, desviar la mezcla aire-polvo hasta fuera del alcance de la campana y en consecuencia consume una cantidad de aire mucho mayor que las cámaras ventiladas. Las campanas extractoras se pueden clasificar en: campanas suspendidas, campanas laterales y campanas múltiples. Los sistemas de extracción de la mezcla aire-polvo pueden ser naturales o mecánicos, en ambos casos, la campana debe ubicarse tan cerca como sea posible de la fuente emisora.

**2.2.2.1. Campanas suspendidas.** Son aquellas que se sitúan por encima de la fuente emisora del contaminante, se acostumbran a colocarse a una altura tal para que el operario no se golpee la cabeza y sin embargo, se extraiga la mezcla a un nivel muy cercano a la zona de respiración.



Figura 1. Campana suspendida

Cuando la mezcla se dirige hacia el interior de la campana en cantidades superiores a la que el sistema es capaz de extraer, sale mezcla por el borde inferior y se contamina la zona de trabajo. En estos casos es mejor que no existiera la campana, por que si la densidad de la mezcla fuera

menor que la del aire de los alrededores, se elevaría y cuando volviera a la zona de trabajo con las corrientes de circulación, estaría más diluido y menos contaminado que cuando sale de la campana rebosante.

Para que las campanas extractoras suspendidas resulten más eficaces, es preciso que la velocidad de aspiración en el espacio comprendido entre la fuente emisora y el cono o campana sea suficiente para captar toda la mezcla situada debajo de ésta, esta velocidad de aspiración debe ser también capaz de vencer las corrientes de aire transversales que puedan desviar la mezcla fuera del alcance de la aspiración de la campana. La velocidad de aspiración debe ser completamente uniforme, la eficiencia de una campana depende esencialmente de su forma; en las campanas alargadas y bajas resulta imposible de conseguir una aspiración uniforme.

**2.2.2.2. Campanas laterales.** Son utilizadas especialmente para evitar que los trabajadores estén expuestos a una contaminación o cuando el espacio o el proceso lo requiera.

La eficiencia de este tipo de campanas se puede mejorar encerrando el punto de operación hasta donde el proceso lo permita o colocando pestañas o tabiques a los bordes de la campana.



Figura 2. Campana lateral.

Las campanas laterales en algunos procesos, especialmente los generadores de contaminantes, vapor, gases y neblinas, son utilizadas con ranuras, con el fin de aumentar la velocidad de captura de estos contaminantes y obtener una distribución uniforme del aire a través de la cara de la campana.

Una campana ranurada es una campana compuesta, requiere que el aire entre dos veces; primero a través de la ranura a la cámara de la campana, donde la velocidad se reduce y luego de la cámara hasta el ducto. La velocidad en la ranura debe ser el doble o más de la velocidad de la cámara.

**2.2.2.3. Campanas múltiples.** Es un conjunto de campanas, ya sean suspendidas o laterales, que se encuentran ubicadas en serie para realizar la captación del contaminante con mucha más eficiencia.

**2.2.3. Colectores perfilados.** Se emplean principalmente para atrapar el polvo producido cuando se trabaja con herramientas cortantes o muelas que giren a altas velocidades (2000 r.p.m. o más)

### **2.3. DUCTOS DE SUCCION Y DE DESCARGA.**

Son los dispositivos por el cual en su interior circula la mezcla de aire y polvo, los ductos o tuberías utilizadas en sistemas de ventilación son de sección transversal circular, rectangular y a veces en forma de espiral.

Los sistemas de extracción son construidos generalmente de tubería circular debido a que es más fuerte para un peso dado de material, es menos costoso y minimiza el asentamiento de partículas transportadas por el aire.



El material empleado generalmente es lámina galvanizada y lamina de hierro negro; las uniones longitudinales para laminas de hierro son soldadas; las galvanizadas pueden ser costuras soldadas o remachadas, traslapadas en dirección del flujo, o rebordeadas las cuales son más recomendables, ubicadas en lugares específicos de tal manera que permitan un fácil desmontaje para el mantenimiento, limpieza, reemplazo de tramos desgastados, soldaduras, etc.

Los ductos se pueden ubicar en la parte alta, al nivel del piso o por debajo del piso; las tuberías colocadas en la parte alta tienen la ventaja de que ahorra espacio y puede atravesar pasillos sin interferir con el tráfico de los trabajadores o vehículos. La tubería a nivel del piso disminuye espacio utilizable, e interfiere con el tráfico, a menos que este diseñado para ser pasada por debajo de equipos o máquinas, pero esta ubicación dificulta las operaciones de mantenimiento, además las tuberías a nivel del piso están sujetas a daños por el tráfico de vehículos y por la posible caída de objetos pesados sobre ellas, la única ventaja es que los ramales son cortos y rectos.

Las tuberías por debajo del piso combinan las ventajas de ambos casos anteriores, pero su desventaja es el alto costo, particularmente cuando se requiere romper pisos sólidos como concreto o acabados, el sistema

ofrece flexibilidad para expansión y las máquinas deben ser colocadas en un sitio específico con carácter permanente.

**2.3.1. Accesorios de los ductos.** Para un buen transporte de cualquier mezcla, en un sistema de extracción o en un sistema de descarga; existen ciertas limitantes en dicho proceso, tal como es el de desviaciones de la mezcla o la subdivisión de esta, para lo cual es necesario contar con la ayuda de diferentes accesorios, como son algunos los codos, las tuberías cónicas, las tees, los soportes entre otros, para así culminar la tarea propuesta.

**2.3.1.1. Tuberías cónicas.** Se emplean como accesorios para el cambio de diámetros de tuberías, en entradas de ramales principales.



Figura 3. Tubería cónica

Es recomendable que estos ramales entren por la parte superior o en forma lateral al cono y no por el fondo, cuando el ángulo de expansión

del cono es pequeño, no hay diferencias apreciables en el funcionamiento.

**2.3.1.2. Codos.** Los codos de dos piezas o secciones no deben utilizarse en sistemas de extracción, las construcciones de codos de cinco piezas es satisfactorio para codos de 6 pulgadas de diámetro o menores y la construcción de siete piezas para codos de diámetro menores. Un modelo simple para un codo de  $90^\circ$  con un diámetro de tubería y un radio de curvatura, se compone de secciones de codos de otros ángulos.



Codos de  $90^\circ$  y  $60^\circ$

Figura 4. Codos

Los codos y curvas deberán tener un mínimo de dos (2) calibres más que las longitudes rectas de igual diámetro y tener un radio desde la línea de centro de al menos 1.5, preferiblemente 2.5 veces el diámetro de la tubería. Los codos prefabricados de construcción suave pueden utilizarse para trabajos pesados.

**2.3.1.3. Tees.** Son otros accesorios empleados cuando se requiere una subdivisión de la tubería principal, para el transporte de la mezcla aire-polvo hacia otro lado.



Figura 5. Tees

A medida que se requiera un ángulo más pequeño de unión, las tees se vuelven estructuralmente más débiles, la razón es que se hace difícil remachar o soldar en este punto.

**2.3.1.4. Soportes de tuberías.** Las tuberías deben ser sostenidas con abrazaderas metálicas o soportes colgantes. Estos soportes son cables o laminas de hierro negro, los cuales pueden ser rectos, inclinados o curvados, de acuerdo a como lo permita la instalación; se emplean cables de tensión cuando los tramos de tubería entre soportes son largos, para este caso se emplean normas y catálogos si es necesario; la máxima distancia entre soportes debe ser de 12 pies para ductos de 8 pulgadas o ductos más pequeños, 20 pies para ductos más largos.

**2.4. VENTILADORES.**

Un ventilador es una máquina volumétrica que realiza la función de trasladar un fluido de un lugar a otro, venciendo una determinada presión, es decir los ventiladores hacen dos cosas:

- Suministran la presión estática necesaria.
- Mueven el aire.

En un sistema de extracción localizada el ventilador es el elemento encargado de comunicar al aire la energía necesaria para arrastrarlo hasta el punto de captación y hacerlo circular por los ductos y elementos de separación antes de devolverlo de nuevo a la atmósfera.

Un ventilador crea una presión estática positiva sobre el lado de las aspas que impulsa el aire hacia delante (hacia la descarga) y una presión estática negativa sobre el lado contrario de las aspas que aspira el aire (hacia la succión).

## **2.5. TIPOS DE VENTILADORES.**

Los ventiladores se clasifican en dos grandes grupos básicos, atendiendo a la trayectoria que sigue el fluido al pasar por ellos, estos son: de tipo axial o helicoidal y el de tipo centrifugo.

**2.5.1. Ventilador Axial.** En este tipo de ventiladores el aire sigue la dirección del eje del rotor, estando alineada la entrada y la salida de la mezcla de aire-polvo. El rotor tiene dos o más álabes o aspas colocados en ángulo hacia el eje; en este tipo de ventiladores el sentido del flujo se invierte al invertir el sentido de giro del rotor.

Los ventiladores axiales son muy usados para aplicaciones de ventilación general o de movimiento de aire, tienen la ventaja sobre los centrífugos de un mayor rendimiento mecánico, el montaje es más sencillo pero no puede vencer diferencias de presiones muy elevadas, por lo que su uso que limitado a las instalaciones que tengan pocas pérdidas de cargas.

Existen varios tipos de ventiladores axiales, como son: ventilador axial de propela, hélice o aspa y los axiales tubulares.

**2.5.1.1. Axial de propela, hélice o aspa.** Este ventilador maneja grandes cantidades de aire contra muy bajas presiones, se emplean con descarga libre, el nivel de ruido es bajo y las eficiencias son aceptables, se instalan en muros o paredes para descarga o extracción del exterior, la transmisión se realiza por correas y poleas o acoples directos al motor. El de aspas genera niveles de ruidos mayores, por esta razón se emplean para trabajos pesados y para aplicaciones de uso industrial.



6. Ventilador axial de aspas.

La potencia requerida por ventilador es la más baja para manejar grandes volúmenes de aire. Su potencia es menor a descarga máxima que a flujo restringido, contrario a lo que ocurre en los ventiladores centrífugos que la potencia máxima se da cuando no se genera flujo.

**2.5.1.2. Axiales tubulares.** Estos manejan aire en un rango muy extenso contra presiones medias, presiones hasta 2 pulgadas de columna de agua; son apropiados para conectar a conductos donde hay limitaciones de espacios.

Todos los ventiladores axiales descargan el aire con flujo en espiral y producen mayores pérdidas por fricción en ductos que el flujo lineal generado por uno centrífugo.



Figura 7. Ventilador axial tubular

Su aplicación es limitada a usos industriales donde los niveles de ruido no sean tan críticos.

**2.5.2. Ventilador Centrífugo.** Reciben este nombre por la forma en la cual la energía es comunicada al fluido por el ventilador. El fluido entra en el ventilador a través de una abertura concéntrica con el eje del rotor que gira a gran velocidad.

El rotor está provisto de álabes radiales, el fluido circula entre los álabes hacia el exterior a causa de la fuerza centrífuga y abandona el rotor con una velocidad mayor que a la entrada. La salida del fluido se recoge en una carcasa en espiral denominada voluta y sale del ventilador a través de una conducción tangencial a la voluta.



Toda la energía recibida por el fluido procede del rotor que a su vez la recibe mediante un par (momento) de un eje giratorio arrastrado por un motor; en un ventilador centrífugo las condiciones de entrada y de salida forman un ángulo de  $90^\circ$ , no importa el sentido de giro del rotor. En general el rendimiento mecánico de un ventilador centrífugo no es muy elevado oscila entre el 45 y 75%, debido a que el cambio de dirección del aire provoca pérdidas por choques y remolinos, lo cual manejan cualquier cantidad de aire contra altas presiones.

El diseño de las aletas o aspas, determinan en general la característica de la velocidad de giro, esto es, las aletas hacia delante son apropiadas para bajas velocidades y hacia atrás para altas velocidades; los ventiladores centrífugos se denominan turbosopladores cuando generan altas presiones estáticas (entre 15 pulg. Y 70 pulg. de agua).

De acuerdo a su conexión un ventilador se llama:

- ✓ Soplador: son ventiladores que poseen ducto de descarga.
- ✓ Elevador o Buster: que poseen ducto de entrada y de salida.
- ✓ Extractor: que posee ducto a la salida.

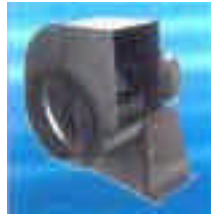


Figura 8. Ventilador centrífugo

La presión generada por un ventilador es función del movimiento o velocidad frontal del aire en la punta de las aletas, el ventilador de aletas curvas hacia atrás consume menos potencia y es menos ruidoso que el de aletas hacia delante; referente a las aspas, existen también rotores con aspas rectas, los cuales se emplean para el transporte de material fibroso y/o abrasivo.

### **3. SISTEMAS DE SEPARACION.**

#### **3.1. METODOS DE SEPARACION.**

Los equipos extractores de polvo se pueden clasificar en las siguientes formas, de acuerdo con el principio físico en que se basan.

**3.1.1. Cámaras de sedimentación.** Estos son los aparatos más sencillos entre los empleados para el proceso de separación de las partículas sólidas suspendidas en el aire, son de larga duración, fácil de construir y de manejar, se emplean principalmente para extraer polvo relativamente grueso o para efectuar una extracción previa que deba completarse posteriormente con otras separaciones de polvos.

La forma tradicional de las cámaras de sedimentación es un paralelepípedo alargado. El aire contaminado o la mezcla aire-polvo entra en la cámara en forma de chorro cuya propagación y recirculación depende de la situación del ducto de entrada y de la sección transversal y

longitud de la cámara, es decir, se trata de un chorro que se propaga por un recinto cerrado; donde las partículas abandonan la corriente de aire debido a fuerzas gravitacionales. Estos son utilizados con poca frecuencia, debido principalmente al espacio que necesitan o requieren para su instalación, y a que su eficiencia es aceptable solo para partículas de gran tamaño presentes en corrientes de aire con alta concentración de polvo.

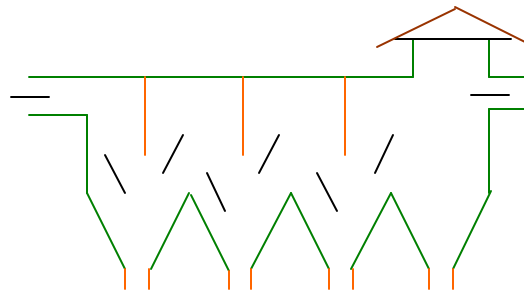


Figura 9. Cámara de sedimentación

Generalmente son más costosos que un ciclón convencional de igual capacidad y su eficiencia de limpieza es inferior a este. Se recomienda solo para sedimentar partículas con diámetros mayores de 50 micras.

**3.1.2. Ciclones.** Es otro aparato sencillo que sirve para extraer las partículas suspendidas en el aire. Sus principales ventajas son: la compacidad, la sencillez de fabricación, el fácil mantenimiento y la elevada eficiencia.

La mezcla o aire contaminado se alimenta tangencialmente por la parte superior cilíndrica a través de una entrada de sección transversal cuadrada y en ocasiones circular, la corriente sigue una trayectoria en espiral que primero se dirige al fondo del cono y después asciende por el eje de simetría, moviéndose aún en espiral.

El aire más o menos libre de polvo, abandona el ciclón por un tubo situado en la parte superior. Debido a su tendencia a mantener la dirección inicial, las partículas arrastradas por la corriente giratoria de aire, se acerca gradualmente a la pared externa del ciclón.

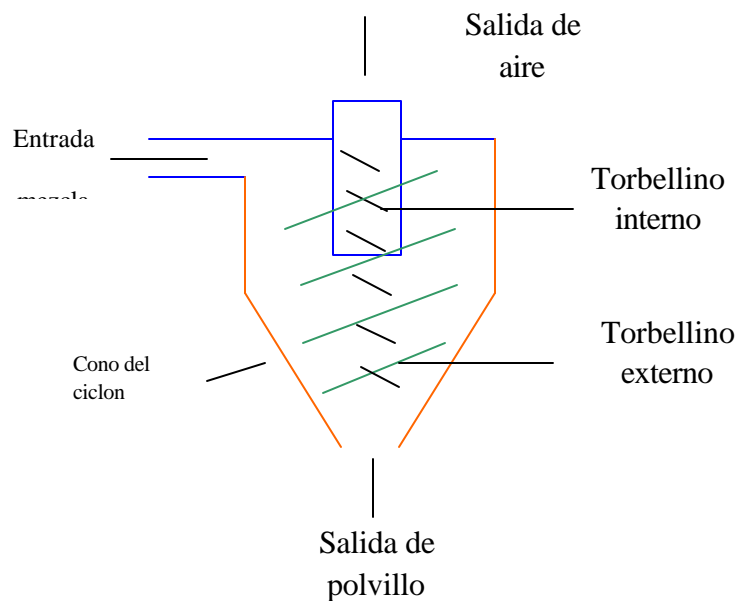


Figura 10. Ciclón.

El polvo precipitado descarga por un tubo que sale del fondo del cono. El efecto extractor no depende de la posición del eje del ciclón, el cual puede ser vertical, horizontal o inclinado. La corriente de mezcla antes de entrar al ciclón es totalmente uniforme y simétrica, luego sufre una transformación. En la primera vuelta las velocidades mayores se encuentran cerca del eje, pero después, sobre todo en un ciclón cilíndrico las velocidades mayores se van acercando gradualmente a las paredes; en los ciclones cónicos estas velocidades se encuentran en la mitad del radio o incluso más cerca del eje del ciclón. En los ciclones cónicos hay dos corrientes helicoidales coaxiales que giran en el mismo sentido, la corriente externa que se dirige hacia abajo y es adyacente a las paredes del ciclón, al llegar al fondo del cono se convierte en la corriente interna ascendente.

Las partículas suspendidas en el aire que entran en el ciclón siguen este movimiento giratorio y a consecuencia del mismo, son transferidas gradualmente hacia las paredes externas y después caen al fondo del cono en parte por la gravedad y en parte por que son arrastradas por la corriente.

La separación del polvo del aire es mejor cuando el diámetro del ciclón es pequeño, la velocidad de entrada es alta y las circunvoluciones del

torbellino o vórtice son relativamente altas. La fuerza centrífuga de separación es proporcional al radio de rotación. La resistencia de separación es función de la distancia radial que la partícula de polvo debe atravesar para alcanzar la pared del ciclón, a su velocidad de asentamiento gravitacional en el aire quieto y al tiempo que actúan las fuerzas centrífugas sobre la partícula. El tiempo de exposición a estas fuerzas depende de la velocidad de rotación y del número de circunvoluciones que recorre el polvo entre su entrada y su salida.

En el eje del ciclón, particularmente en la parte inferior del cono, se produce una considerable reducción de presión, la cual en los ciclones cónicos es aproximadamente igual a la presión estática de entrada, a consecuencia de esta disminución de la presión en la parte inferior del cono, resulta imposible descargar directamente el polvo a la atmósfera, pues entraría aire del exterior a través del tubo de descarga arrastrando la mayoría del polvo hacia la salida del aire, anulando totalmente el efecto extractor del ciclón.

Por otro lado no se puede dejar que el polvo se acumule en el cono, el cual no debe considerarse como una tolva; en este caso el polvo depositado, empezaría también a ser agitado por la corriente giratoria que lo arrastraría hacia la salida de aire limpio.

**3.1.3. Filtro de tela.** Cuando la mezcla pasa a través de un filtro de tela, las partículas se adhieren al material debido principalmente a las fuerzas inerciales que las depositan sobre los hilos. La capacidad de captación de la tela es mayor cuando más compacto es el tejido. Los tejidos rizados y gruesos, especialmente los de lana, son mucho más efectivos que los tejidos delgados y lisos de algodón; a medida que se va llenando de polvo, la resistencia de los tejidos aumenta más lentamente que la de los tejidos lisos.

La tela forma bolsas sostenidas por armazones de alambre o se colocan tensadas en bastidores. Para obtener una mayor compacidad los bastidores forman celdas en las que las telas se colocan en forma de zigzag. Cuando el filtro se pone en funcionamiento, la tela limpia se obstruye cada vez más con el polvo, aumentando la resistencia al paso del aire y disminuyendo el caudal tratado.

A medida que la capa de polvo va aumentando su espesor crece la resistencia del filtro hasta que al final la corriente de aire tiende a perforar la tela en los sitios de menor resistencia, lo cual no se debe permitir que la tela alcance este estado, si se sacude la tela llena de polvo, gran parte de este cae, después de ser usada y sacudida varias veces, la resistencia de la tela limpia adquiere un valor constante, este valor



depende de la frecuencia de las sacudidas. Los colectores con filtros de tela remueven el material particulado de una corriente de aire contaminado por medio de mecanismos de intersección, impacto y difusión.

El mecanismo de intersección consiste en la detención de las partículas de diámetro superior al de los poros del filtro. Las partículas depositadas en su superficie van obstruyendo totalmente o parcialmente a los poros, por lo cual cada vez se retendrían partículas de menor tamaño.

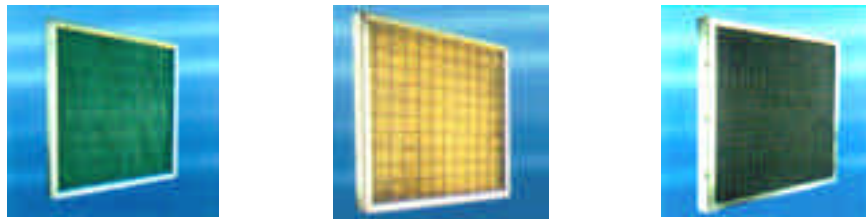


Figura 11. Filtros de Tela

Debido a esto es normal que después de un corto tiempo de funcionamiento, el fluido llegue a impedir el paso de partículas de tamaño muy inferior al que inicialmente tenían sus poros. El efecto de impacto de las partículas contra la tela del filtro y su consiguiente retención sucede por los cambios bruscos de dirección dentro del colector, de la corriente de aire que transporta el material particulado. El efecto de difusión se presenta únicamente en partículas de diámetros menores a una micra; estas partículas se comportan como gases con

movimiento browniano capaz de hacerlas incidir sobre las fibras que forman el filtro.

Algunas ventajas que ofrecen los filtros de tela son:

- ✓ Excelente eficiencia de colección. Superior al 99% por peso y puede llegar a ser del 99.9% cuando el sistema está bien diseñado, bien operado y con un buen mantenimiento.
- ✓ Es aplicable a todo tamaño de partícula, siendo muy usado especialmente para material fino, ya que puede remover partículas de 0.5 micras y en ocasiones hasta de 0.01 micras.
- ✓ El material se recupera seco y se puede volver a utilizar en el proceso o venderlo como producto.
- ✓ La eficiencia de colección no es afectada por cambios en el flujo o la densidad de la corriente de la mezcla.

Algunas desventajas son:

- ✓ No puede manejar corrientes de aire húmedas, cuando la condensación sucede sobre la tela.
- ✓ El retiro de material pegajoso o en forma de hilachas es difícil durante la limpieza.
- ✓ Se necesita espacio considerable para manejar volúmenes relativamente grandes.

- ✓ Se puede presentar problemas secundarios durante la remoción y el transporte del polvo captado.

**3.1.4. Separadores inerciales.** Este consiste en muchos troncos de conos de diámetros gradualmente decrecientes y separados por una distancia definida, los conos individuales se mantienen rígidamente en su sitio, gracias a una armadura de lamina de acero colocada lateralmente. La mezcla entra por el extremo ancho y el aire limpio sale por las aberturas anulares que quedan entre cono y cono. Una pequeña cantidad de aire que arrastra el polvo retenido, descarga por el extremo delgado en un colector de polvo; este separador intermedio puede ser un pequeño ciclón cuyo tubo de descarga acostumbra a estar conectado a la boca de aspiración del ventilador.

Debido a la forma cónica del separador el caudal de aire que pasa por estas rendijas anulares es relativamente uniforme, para pasar por estas rendijas, el aire debe cambiar de dirección efectuando un giro de  $150^\circ$  aproximadamente. Las partículas de polvo no son afectadas en forma apreciable por el movimiento turbulento y son llevadas por inercia hacia el orificio de salida, además las partículas que chocan con las paredes inclinadas de los conos adquieren un componente de velocidad que tiende a hacerlas regresar hacia el centro del separador. Estos sistemas se

pueden emplear separadamente o en conjunto y pueden instalarse tanto en el lado de aspiración como en el lado de impulsión del ventilador.

Su eficiencia de colección es baja para partículas pequeñas y solo se mejora con tamaños superiores a 20 micras, las cámaras de sedimentación y separadores inerciales no se utilizan normalmente como equipos únicos para controlar la contaminación, sino como prelimpiadores de aire para disminuir la carga de partículas grandes a los colectores de alta eficiencia para partículas pequeñas.

**3.1.5. Precipitadores electrostáticos.** Son equipos de buena eficiencia para la captación de partículas sólidas y líquidas. Su funcionamiento se basa en un campo eléctrico de alto voltaje creado entre dos electrodos de descarga y de colección de polaridad opuesta, la cual se obtiene por medio de corriente directa.

La mezcla aire-polvo entra al equipo, primero pasa a través de los electrodos de descarga donde las partículas suspendidas reciben una carga, cuando atraviesan el campo ionizado, esta interacción entre el campo y la carga hace que las partículas sean atraídas, luego por los electrodos de colección que son de polaridad opuesta y se adhieren a

ellos. Al ponerse en contacto con las superficies de colección, las partículas pierden su carga eléctrica y pueden ser removidas fácilmente por vibración, por lavado o por gravedad.

Los electrodos de descarga son de área transversal pequeña, generalmente en forma de alambres y los electrodos de colección tienen superficies grandes, en forma de placas.

**3.1.6. Colectores húmedos.** Estos colectores utilizan un liquido, generalmente agua, para capturar las partículas de polvo o para diluir los gases, vapores y neblinas que son transportadas por el aire.

Las partículas chocan contra el liquido y son retenidas por éste, por esta razón lo más usual es hacer entrar el aire contaminado por la parte inferior del equipo para que suba en contracorriente con el liquido, con el fin de que ocurra el impacto necesario para su colección, cuando se trata de vapores y de gases se condensan al ponerse en contacto con el liquido y sufre una dilución en la corriente que los atrapa.

Algunas ventajas de estos equipos son:

- Facilidad para manejar gases húmedos y también partículas adhesivas sin obstruirse.
- Eliminación de riesgos de incendios y explosión cuando se maneja materiales inflamables.
- Consideraciones en primer lugar por costos y por espacio.
- Disposición del material recogido libre de polvo.

#### Desventajas:

- Necesidad de reciclar el agua, a menos que se pueda usar en el proceso o se lleve a tanques o lagunas de sedimentación, ya que la legislación sobre contaminación del agua prohíbe la descarga directa de los desechos.
- La corrosión puede ser problema cuando existen gases de combustión.
- Se aumentan los problemas de mantenimiento para la disposición del material captado.

## **4. MATERIALES DE CONSTRUCCION.**

### **4.1. MATERIALES SELECCIONADOS.**

Los materiales seleccionados para algunos de los dispositivos en el presente proyecto han sido escogidos de acuerdo con las normas y especificaciones recomendadas por los fabricantes.

**4.1.1. Materiales para los ductos.** El material elegido para la fabricación de los ductos es acero galvanizado de calibre 18 pulgadas, por su alta resistencia al abrasión y a la corrosión, además por su liviano peso.(Ver anexo S)

**4.1.2. Materiales para los ventiladores.** Los materiales de construcción y los tipos de sellos dependen de la composición de la mezcla que maneje. Los materiales estándar incluyendo el hierro fundido y acero al carbono se emplean para fabricar la carcasa de los ventiladores, aluminio y acero al carbono en los impulsores o alabes y acero común para los ejes. La resistencia a la corrosión se puede aumentar con materiales especiales de revestimiento. Los revestimientos por lo general se

clasifican como de secado al aire, como pinturas especiales, asfalto, resinas epoxi, fenólicas de secado al aire y vinilo, siliconas y de secado en horno como cloruro de polivinilo, poliéster y las fenólicas secado al horno.

**4.1.3. Materiales para los ciclones.** El material seleccionado para la construcción de los ciclones es acero AISI/SAE 1016 por su resistencia a la abrasión, su dureza y economía.(Ver anexo S)

**4.1.4. Materiales para las poleas.** Las poleas se construyeron en aluminio, por su durabilidad y resistencia al desgaste.

**Cuadro 1. Calibres recomendados para láminas metálicas.** <sup>1</sup>

Diámetro de tubería en pulg.	Clase I	Clase II	Clase III	Clase IV
Menos de 8	24	22	20	16
De 8 a 18	20	20	18	16
De 18 a 30	20	18	16	14
Mayores de 30	18	16	14	12

Donde las clases son :

<sup>1</sup> Los valores aquí mostrados son producto de la experiencia en el Industrial Ventilation de la ACGIH.



- Clase I : Incluye aplicaciones no abrasivas, tales como pinturas a pistola, trabajos de carpintería, textiles, productos farmacéuticos y productos alimenticios.
- Clase II : Incluye materiales moderadamente abrasivos y baja concentración de abrasivos altos, tales como material proveniente de esmerilado, pulimiento y brillo de metales.
- Clase III : Incluye materiales altamente abrasivos en concentraciones moderadas hasta altas, como limpieza abrasiva, triturado y tamizado de rocas, secadoras y hornos, desmoldeado de fundición y manejo de arena. También el transporte a baja presión de materiales moderadamente abrasivos como tabaco, productos químicos y polvo de madera.
- Clase IV : Incluye aplicación con materiales pesados y con tasas altas de producción de contaminantes con 2 o 3 jornadas de trabajo, como en plantas de cemento, de aceros y fundiciones. También para el transporte de baja presión de materiales abrasivos como arenas y cenizas.

## 5. DISEÑO DEL SISTEMA DE EXTRACCION DEL POLVILLO.

La función de los ductos en sistema de extracción, separación y recolección de polvillo de piedras trituradas, es dotar de un canal para transportar la mezcla aire-polvillo desde la fuente emisora del polvo por medio de la campana, hasta el punto de descarga.

En la selección del ducto se tendrá en cuenta los siguientes aspectos:

- Que el ducto y los accesorios ofrezcan la menor resistencia al flujo de la mezcla, esto es las mínimas pérdidas por fricción.
- El estudio de la zona donde estará en funcionamiento los equipos en general, a fin de diseñar el sistema más conveniente.
- La velocidad de transporte de la mezcla debe ser lo suficiente para evitar la sedimentación o la acumulación del polvillo en los ductos, pero no excesivamente alta, puesto que pueda ocasionar un rápido deterioro de la tubería por abrasión.

Para el diseño del sistema de extracción del polvillo, se asume un valor del caudal de  $Q = 1600$  cfm. Como se conoce el producto con que se

trabajaré, el cual es polvo volátil muy fino, del anexo A, se toma la velocidad recomendada de diseño, la cual tiene un valor de  $V_{\text{Diseño}} = 2000$  fpm.

### **5.1. DISEÑO DEL COLECTOR O CAMPANA.**

La principal función de una campana es captar la mezcla generada en un proceso industrial, en este caso es la mezcla aire-polvo de piedras trituradas. Las campanas pueden asemejarse a un magneto, es decir, como si tuviera una fuerza de atracción para las moléculas de aire en su entorno, disminuyéndose su capacidad de atracción a medida que las moléculas se alejan de ella.

Para el diseño de una campana lateral se deben tener en cuenta los siguientes criterios:

- Las campanas deben colocarse lo más cercano posible de la fuente emisora de la mezcla.
- La inclinación de los lados de la campana debe ser de 45 grados.
- El área de la sección transversal de la cara de la campana debe ser al menos de 125% del área de la sección transversal de la fuente emisora.

- Se puede corregir una campana existente, adicionándole pestañas a lo largo de los bordes internos de la campana, esto reduce el volumen de aire y aumenta la velocidad.

Considerando que las partículas que posee la mezcla se encuentran en estado pulverizado y teniendo en cuenta los criterios anteriores para este diseño se ha elegido un área de la campana de 24pulg x 16pulg (60cm x 40.5cm) a la entrada y a la salida empalma con el diámetro de la tubería, el cual es de 12pulg (30cm), además con una altura de 6pulg ( $\approx$  15cm), se recuerda que la posición de esta campana es lateral.

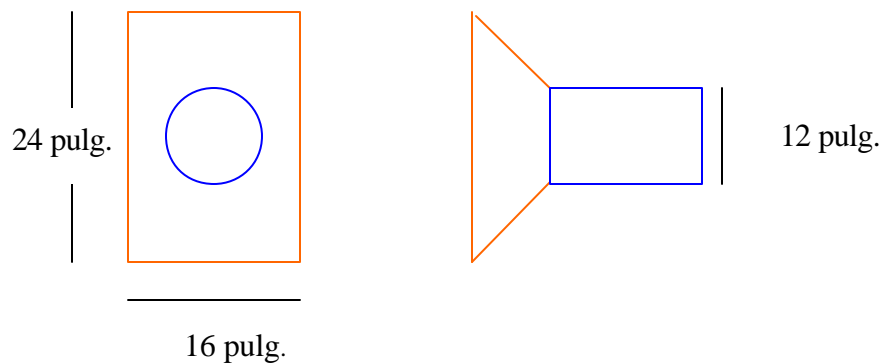


Figura 12. Dimensiones de la campana

## 5.2. CALCULOS EN LA SUCCION DEL SISTEMA.

**5.2.1. Diámetro del ducto en la succión.** De la ecuación:  $Q = V * A$ , se despeja el área

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{1600 \text{ cfm.}}{2000 \text{ fpm.}} = 0.8 \text{ ft}^2$$

En el anexo B, se halla el diámetro del ducto que se aproxima más al área calculada. En el caso de que el área calculada no corresponda a un diámetro exacto de la figura, se recomienda escoger el diámetro menor para evitar que la velocidad de transporte disminuya y pueda ocurrir sedimentación del material.

Se selecciona un diámetro de 12 pulgadas.

Entonces  $D = 12$  pulgadas.

**5.2.2. Area del ducto en la succión.** De la ecuación  $A = \frac{P * D^2}{4}$  se obtiene un área de:

$$A = \frac{P * \left(\frac{12}{12}\right)^2}{4} = 0.7854 \text{ ft}^2$$

$$A = 0.7854 \text{ pies}^2$$

**5.2.3. Velocidad real de diseño.** Conocidos el área A y el caudal Q, se calcula la velocidad real de la mezcla:

$$V_R = \frac{Q}{A} = \frac{1600 \text{ cfm.}}{0.7854 \text{ pies}^2} = 2037.2 \text{ fpm.}$$

$$V_R = 2037.2 \text{ fpm.}$$

**5.2.4. Longitud de los ductos en pies.** La longitud de los tramos rectos de tubería son:

- ✓ Tramo A – B mide  $L_{AB} = 13$  pies.
- ✓ Tramo B – C mide  $L_{BC} = 30$  pies.
- ✓ Tramo C – D mide  $L_{CD} = 9$  pies.
- ✓ Tramo D – E mide  $L_{DE} = 1$  pies.

La longitud total de tramos rectos es de 53 pies. (Ver figura No.13 y 14)

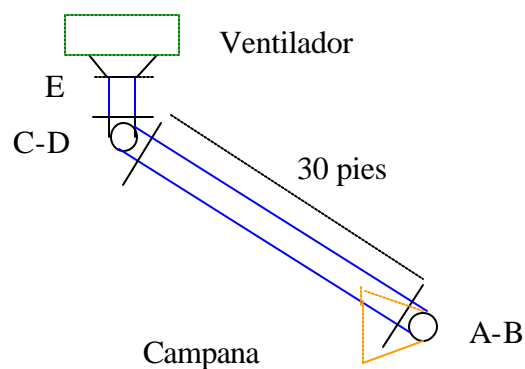


Figura 13. Longitudes en la succión.

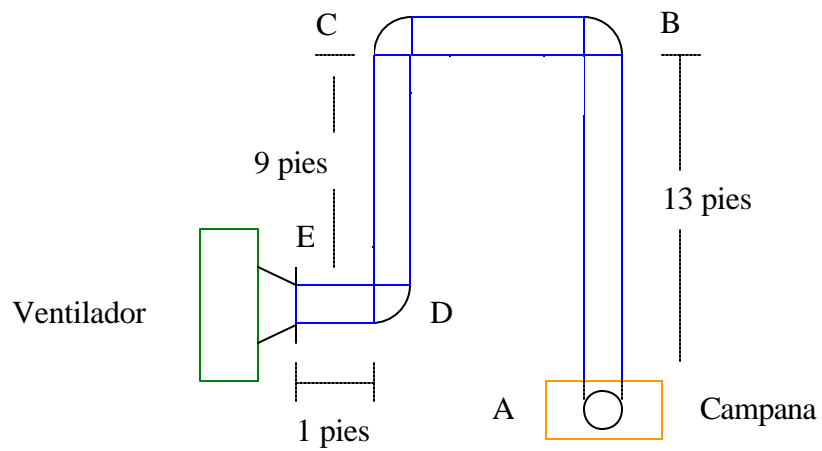


Figura 14. Longitudes en la succión.

**5.2.5. Longitud equivalente de los codos.  $L_{EQ}$ .** El diseño requiere de cuatro (4) codos de  $90^\circ$  con un radio de curvatura  $R_c$  de  $2.5D$ .

Del anexo C, con un diámetro de  $D = 12$  pulgadas, con un ángulo de  $90^\circ$  y un radio de curvatura  $R_c = 2.5D$ , se obtiene:

$$L_{EQ} \text{ para codos de } 90^\circ = 14 \text{ pies.}$$

Como son cuatro codos, entonces:

$$L_{EQ, \text{total codos}} = 4 * 14 = 56 \text{ pies.}$$

**5.2.6. Longitud equivalente total  $L_T$ .** La longitud equivalente total es la suma de las longitudes equivalentes de los tramos rectos y de los codos.

$$L_T = L_{EQ \text{ codos}} + L_{\text{Tramos rectos}}$$

$$L_T = 53 \text{ pies} + 56 \text{ pies} = 109 \text{ pies.}$$

$$L_T = 109 \text{ pies.}$$

**5.2.7. Resistencia en pulgadas de agua (in  $H_2O$ ) por 100 pies.** Este valor se puede obtener del anexos D, conocidos el caudal Q y la velocidad V ( o el diámetro D) o también se puede calcular por medio de la ecuación:

$$\frac{h_f}{100} = 2.74 * \frac{\left(\frac{V_{fpm}}{1000}\right)^{1.9}}{(D_{in})^{1.22}} \quad ^2$$

Por lo cual se obtiene un valor de:

$$\frac{h_f}{100} = 2.74 * \frac{\left(\frac{2037.2 \text{ fpm}}{1000}\right)^{1.9}}{(12)^{1.22}} = 0.51 \text{ in } H_2O$$

---

<sup>2</sup> Tomado del texto “Ventilación Industrial”. Pag 53.



$$\frac{h_f}{100} = 0.51 \text{ in } H_2O$$

**5.2.8. Resistencia en in H<sub>2</sub>O de la longitud total.** Para el calculo de este valor se realiza por medio de la ecuación:

$$h_{f1} = \left( \frac{h_f}{100} \right) * \left( \frac{L_T}{100} \right)^3$$

$$h_{f1} = (0.51) * \left( \frac{109}{100} \right) = 0.556 \text{ in } H_2O$$

$$h_{f1} = 0.556 \text{ in } H_2O$$

**5.2.9. Presión de velocidad (PV) en in H<sub>2</sub>O.** Este valor se puede obtener entrando en el anexo E, conocido el valor de la velocidad V; o por medio de la ecuación:

$$V = 4005 \sqrt{PV} \quad (\text{Ver anexo E})$$

---

<sup>3</sup> Tomado del texto “Ventilación Industrial” Pag. 91

De donde se despeja el valor de PV, entonces:

$$PV = \left( \frac{V}{4005} \right)^2 = \left( \frac{2037.2}{4005} \right)^2 = 0.26 \text{ in } H_2O$$

$$PV = 0.26 \text{ in } H_2O$$

**5.2.10. Succión en la campana en presión de velocidad PV.** Este valor es obtenido sumando el factor de aceleración ( $f_a = 1.0$  por conservador) y las pérdidas por fricción ( $h_f$ ) a la entrada de la campana; las pérdidas por fricción dependen de la configuración, posición de la campana y el ángulo de sus caras, como se muestra en el anexo F.

La campana empleada para este diseño es para separador de abrasivos.

De la gráfica que se encuentra en el anexo F, se obtiene el factor de pérdidas de la campana empleada, conociendo el ángulo, de  $45^\circ$  y de sección rectangular.

Entonces:  $S_{\text{Campana}} = f_a + h_f$ , lo cual es:

$$S_{\text{Campana}} = 1 + 0.15 = 1.15$$

$$S_{\text{Campana}} = 1.15$$

**5.2.11. Resistencia en in H<sub>2</sub>O en la succión de la campana.** Para el calculo de estas pérdidas se realiza por medio de la ecuación:

$$h_{f2} = S_{\text{Campana}} * PV$$

$$h_{f2} = (1.15) * (0.26) = 0.296 \approx 0.3 \text{ in H}_2\text{O}$$

$$h_{f2} = 0.3 \text{ in H}_2\text{O}$$

**5.2.12. Pérdidas en in H<sub>2</sub>O en la tobera.** Se calculan mediante la ecuación:

$$h_{f3} = \eta * PV$$

El factor de pérdidas  $\eta = 1$  por ser conservativo.

$$h_{f3} = (1) * (0.26) = 0.26 \text{ in H}_2\text{O}$$

$$h_{f3} = 0.26 \text{ in H}_2\text{O}$$

**5.2.13. Resistencia en in H<sub>2</sub>O de la presión estática PE.** Este valor se calcula sumando todas las pérdidas en la succión, por lo tanto:

$$PE = h_{f1} + h_{f2} + h_{f3}$$

$$PE = 0.556 + 0.3 + 0.26 = 1.12 \text{ in H}_2\text{O}$$

$$PE_{\text{Succión}} = 1.12 \text{ in H}_2\text{O}$$

Esta es la presión estática en la entrada del ventilador.

### **5.3. CALCULOS EN LA DESCARGA DEL SISTEMA.**

Como es conocido el caudal ( $Q = 1600\text{cfm}$ ), la velocidad ( $V = 2037.2$  fpm.) y seleccionando, para el ducto de descarga, el mismo diámetro de la tubería de succión,  $D = 12$  pulgadas (con un área de  $0.7854 \text{ pies}^2$ ); se procede a calcular todos los parámetros que hacen parte de las pérdidas de la descarga.

**5.3.1. Longitud de los ductos en pies.** La longitud de los tramos rectos de tubería son:

✓ Tramo F – G mide  $L_{FG} = 3$  pies.

- ✓ Tramo I – J mide  $L_{IJ} = 3$  pies.

La longitud total de tramos rectos es de 6 pies. (Ver figura No.15)

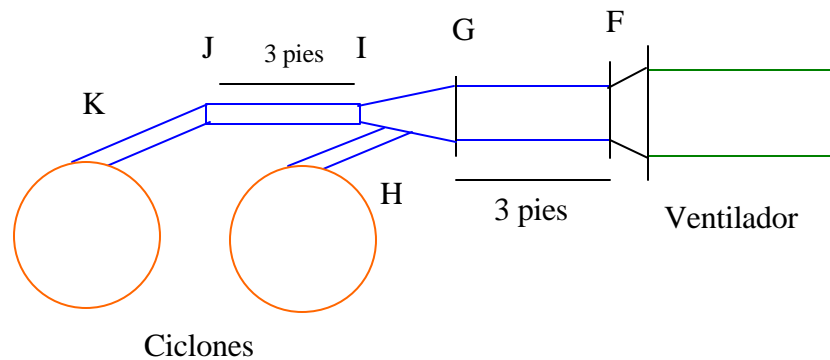


Figura 15. Longitudes en la descarga.

### 5.3.2. Número de codos y de entradas.

- ✓ En el tramo G – H posee una entrada de  $30^\circ$
- ✓ En el tramo J – K posee un codo de  $30^\circ$ , con un radio de curvatura  $R_c = 2.5D$ .

**5.3.3. Longitud equivalente de codos y entradas.** Del anexo C, se obtiene que:

- ✓ Para el codo de  $30^\circ$  de  $R_c = 2.5D$ , con un diámetro de  $D = 5$  pulgadas se tiene:  $(0.33) * (5) = 1.65$  pies.

$$L_{EQ \text{ codo}} = 1.65 \text{ pies.}$$

- ✓ Para la entrada de  $30^\circ$  y con un diámetro de  $D = 5$  pulgadas, se tiene: 4 pies.

$$L_{EQ \text{ entrada}} = 4 \text{ pies.}$$

**5.3.4. Longitud equivalente de los tramos.** Las longitudes equivalentes de los tramos son:

- ✓ Longitud tramo F – G,  $L_{FG} = 3$  pies.
- ✓ Longitud tramo G – H,  $L_{GH} = 4$  pies.
- ✓ Longitud tramo G – K,  $L_{GK} = L_{recto \text{ IJ}} + L_{EQ \text{ codo}} = 3 \text{ pies} + 1.65 \text{ pies} = 4.65 \text{ pies}$

**5.3.5. Resistencia en in H<sub>2</sub>O por 100 pies.** Estos valores se calculan con la ecuación:

$$\frac{h_f}{100} = 2.74 * \frac{\left(\frac{V_{fpm}}{1000}\right)^{1.9}}{(Din)^{1.22}} \quad 4$$

Entonces calculando este valor para cada tramo se obtiene que:

- ✓ Para el tramo F – G :  $\frac{h_f}{100} = 0.51$
- ✓ Para el tramo G – K :  $\frac{h_f}{100} = 11.08$
- ✓ Para el tramo G – H :  $\frac{h_f}{100} = 11.08$

**5.3.6. Resistencia en in H<sub>2</sub>O para cada tramo.** Se proceden a calcular mediante la ecuación:

$$h_f = \left(\frac{h_f}{100}\right) * \left(\frac{L_T}{100}\right)$$

Mediante la figura 16 se procede a calcular los caudales de las ramificaciones Q<sub>2</sub> y Q<sub>3</sub>, además de las velocidades V<sub>2</sub> y V<sub>3</sub>, y las presiones de velocidad PV<sub>2</sub> y PV<sub>3</sub> respectivamente.

Entonces: con un diámetro de D = 5 pulgadas en ambas salidas,

---

<sup>4</sup> Tomado del texto “Ventilación Industrial” Pag. 89. Ver anexo D

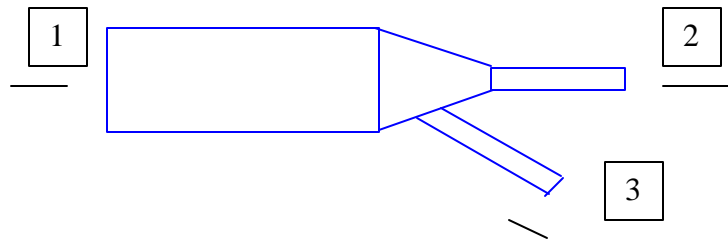


Figura 16. Parámetros de salida

$$\begin{array}{ll}
 Q_1 = 1600 \text{ cfm} & Q_2 = Q_3 = 800 \text{ cfm.} \\
 V_1 = 2037.2 \text{ fpm} & V_2 = V_3 = 5865.1 \text{ fpm.} \\
 PV_1 = 0.26 & PV_2 = PV_3 = 2.14
 \end{array}$$

$$\checkmark \text{ Para } h_{f_{FG}} = (0.51) * \left( \frac{3}{100} \right) = 0.0153 \text{ inH}_2\text{O}$$

$$\checkmark \text{ Para } h_{f_{GK}} = (11.08) * \left( \frac{4.65}{100} \right) = 0.5152 \text{ inH}_2\text{O}$$

$$\checkmark \text{ Para } h_{f_{GH}} = (11.08) * \left( \frac{4}{100} \right) = 0.443 \text{ inH}_2\text{O}$$

Se tomará en cuenta que para la sumatoria de las pérdidas en la descarga el valor a considerar es el del tramo que gobierna; en este caso el del tramo G – K.



**5.3.7. Pérdida en el difusor.** Se calculan mediante la ecuación:

$$h_{f3} = \eta * PV$$

El factor de pérdidas  $\eta = 1$  por ser conservativo.

$$h_{f3} = (1) * (0.26) = 0.26 \text{ in H}_2\text{O}$$

$$h_{f3} = 0.26 \text{ in H}_2\text{O}$$

**5.3.8. Pérdidas en el ciclón.** Para el calculo de las pérdidas en el ciclón, primero se selecciona las dimensiones de ellos en particular en el cuadro 2 (en el próximo capítulo), donde se muestran las medidas recomendables para la selección de este. El presente diseño consta de dos ciclones en paralelo, como se mostró en la figura 14, pero solo se tendrá en cuenta las perdidas de un solo ciclón, el cual es el del tramo en que gobiernan las pérdidas.

Las pérdidas en el ciclón se calculan mediante la ecuación:

$$h_{fc} = \frac{k * A}{D_c^2} \quad 5$$

---

<sup>5</sup> Tomado del texto “Procesos aplicados al diseño de plantas químicas y petroquímicas”. Pag.168

Donde  $k = 16$  para entradas tangenciales y  $D_c$  es el diámetro del cilindro interno del ciclón (ducto de salida de aire limpio).

El área es  $A = 0.1364$  obtenido del anexo B, con un diámetro de  $D = 5$  pulgadas, entonces:

$$h_{fc} = \frac{16 * 0.1364}{\left(\frac{10}{12}\right)^2} = 3.14$$

$$h_{f3} = h_{fc} * PV = 3.14 * 2.14 = 6.73 \text{ in } H_2O$$

$$h_{fCiclón} = 6.73 \text{ in } H_2O$$

**5.3.9. Pérdidas en el cilindro interno del ciclón (ducto de salida de aire limpio).** Como este es otro tramo de tubería recta, sus pérdidas son su longitud equivalente, conociendo el diámetro de este ducto mediante el cuadro 2, la cual proporciona las dimensiones recomendables para la selección de un ciclón.

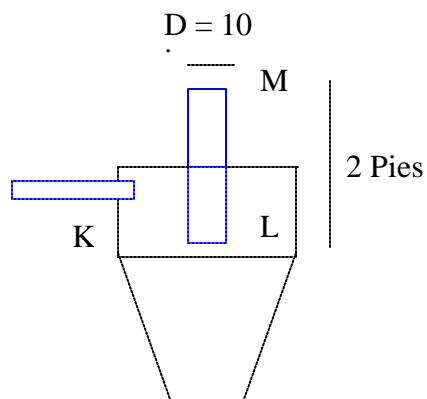


Figura 17. Longitud del cilindro interno

$L = 24$  pulgadas (tramo LM) = 2 pies. Pero:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{800 \text{ cfm}}{0.5454 \text{ pies}^2} = 1466.8 \approx 1467 \text{ fpm}$$

Entonces:

$$\frac{h_f}{100} = 2.74 * \frac{\left(\frac{1467}{1000}\right)^{1.9}}{(10)^{1.22}} = 0.342$$

$$h_{f4} = \left(\frac{h_f}{100}\right) * \left(\frac{L}{100}\right) = 0.342 * \left(\frac{2}{100}\right) = 0.00684 \text{ in } H_2O$$

$$h_{f4} = 0.00684 \text{ in } H_2O$$

**5.3.10. Pérdidas totales en el ciclón.** Estas son las pérdida obtenidas desde la entrada a la salida del ciclón, las cuales son:

$$h_{fCiclón} = h_{f3} + h_{f4} = 6.73 + 0.00684 = 6.73684 \text{ in } H_2O$$

**5.3.11. Resistencia en in H<sub>2</sub>O de Presión estática (PE) en la descarga.**

Estas son calculadas realizando la sumatoria de todas las pérdidas en la descarga.

$$PE_{\text{Descarga}} = h_{\text{FG}} + h_{\text{GI}} + h_{\text{fDifusor}} + h_{\text{fCiclón}} - PV_{\text{salida}}$$

$$PE_{\text{Descarga}} = 0.0153 + 0.5152 + 0.26 + 6.73684 - 2.14$$

$$PE_{\text{Descarga}} = 5.4 \text{ in H}_2\text{O}$$

Esta es la presión estática a la salida del sistema.

#### 5.4. SELECCIÓN DEL VENTILADOR.

Para realizar la selección adecuada del ventilador, se debe calcular la presión estática de la entrada y de la salida de este, además de conocer la ubicación geográfica del mismo y la presión de velocidad en la succión; por lo tanto la presión estática del ventilador viene dada por la ecuación:

$$PE_{\text{Ventilador}} = PE_{\text{descarga}} - PE_{\text{Succión}} - PV_{\text{Succión}}$$

$$PE_{\text{Ventilador}} = 5.4 - (-1.12) - 0.26 = 6.26 \approx 6.3 \text{ in H}_2\text{O}$$

$$PE_{\text{Ventilador}} = 6.3 \text{ in H}_2\text{O}$$

Del anexo G, se tiene:

A temperatura ambiente (70° F) y a una altitud al nivel del mar, un factor de corrección para la densidad del aire ( $F_{cd}$ ) de uno (1), entonces:

$$PE_{\text{Ventilador}} = 6.3 * 1 = 6.3 \text{ in H}_2\text{O}$$

**5.4.1. Tipo de ventilador.** El ventilador adecuado para manejar polvo debe ser centrífugo de aletas radiales, por ser de autolimpieza; para su selección se requiere el flujo Q y la presión estática PE del ventilador, los cuales son:

- El flujo o caudal Q es de 1600 cfm.
- La presión estática del ventilador es de  $PE_{\text{Ventilador}} = 6.3 \text{ in H}_2\text{O}$

Ahora se procede a seleccionar el ventilador con estos datos en un catalogo (ver anexo H), en estos se toma el ventilador más aproximado el cual posee las siguientes características:

- Tipo de ventilador : LS 2013
- Diámetro : 22.625 pulgadas
- Circunferencia : 5.92 pulgadas
- Diámetro de entrada : 13 pulgadas
- Area de entrada : 0.887 pies<sup>2</sup>
- Salida rectangular : 12 5/8 pulg. \* 11 pulg.

- Area de salida : 0.925 pies<sup>2</sup>
- Flujo : 1665 cfm.
- Velocidad de transporte : 1800 fpm.
- Presión estática del ventilador : 7 pulgadas de agua.
- Revoluciones : 1551 r.p.m.
- Potencia : 3.03 HP

## **5.5. SELECCIÓN DE RODAMIENTOS.**

El tamaño del rodamiento para una determinada aplicación se selecciona en base a su capacidad de carga que ha de soportar y a las exigencias de duración requeridas por dicha aplicación.

**5.5.1. Capacidad de carga.** La capacidad de carga dinámica “C” se emplea para los cálculos en que intervienen rodamientos sometidos a esfuerzos dinámicos, es decir, expresa la carga que puede soportar el rodamiento. La capacidad de carga estática “C<sub>0</sub>” se emplea en los cálculos cuando los rodamientos giran a velocidades muy bajas o cuando se encuentran en estado estacionario.

**5.5.2. Carga dinámica equivalente.** Las cargas que actúan sobre el rodamiento y que no cumplen las condiciones de la carga básica dinámica “C”, dad anteriormente, deben convertirse en una carga dinámica equivalente.

Por lo tanto para el diseño del sistema expuesto se seleccionan rodamientos “Y” los cuales están basados en los probados rodamientos rígidos de bola de las series 62 y 63. Estos rodamientos se fabrican para ejes métricos comprendidos dentro de la gama de tamaños de diámetros entre 12 y 100 mm y para ejes en pulgadas con diámetros comprendidos entre 5/8 y 4 pulgadas. Todos los rodamientos “Y” tienen obturaciones rozantes en ambos lados y se suministran lubricados con una grasa de base lítica de consistencia NLGI3, la cual posee buenas propiedades anticorrosivas y es adecuada para temperaturas de funcionamiento comprendidas entre  $-30$  y  $+100^{\circ}\text{C}$ .

Los rodamientos pueden funcionar sin mantenimiento en condiciones normales, aunque en condiciones adversas puede ser necesario relubricarlos. Los factores para los rodamientos “Y” se determinan de igual manera que para los rodamientos rígidos de bolas.

**5.5.3. Calculo de las fuerzas que soportan los rodamientos.** Para la selección se utiliza un catálogo de la SKF; se procede a calcular las fuerzas radiales y fuerzas axiales en los puntos A y B de la figura 18, los cuales son la ubicación de los rodamientos sobre el eje, donde W es el peso de las aspas del ventilador,  $F_y$  y  $F_z$  son las fuerzas de flexión ejercidas por la correa en el eje respectivamente.

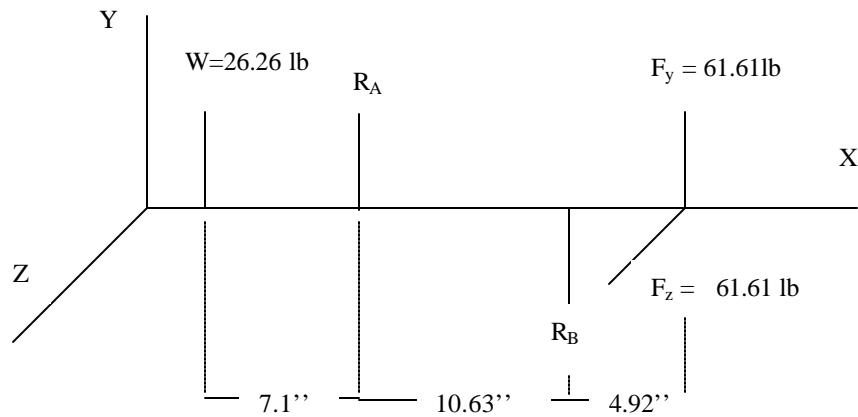


Figura 18. Diagrama de fuerzas.

Por procedimientos de estática, se calculan las reacciones en dichos puntos, las cuales son:

- Para el plano XY :  $R_{AY} = 88 \text{ N}$  y  $R_{BY} = 479.36 \text{ N}$
- Para el plano XZ :  $R_{AZ} = 126.74 \text{ N}$  y  $R_{BZ} = 400.5 \text{ N}$



Para el punto A, la fuerza radial es:

$$F_r = \sqrt{(R_{AY}^2 + R_{AZ}^2)} = \sqrt{(88^2 + 126.74^2)} = 154.3N$$

Para el punto B, la fuerza radial es:

$$F_r = \sqrt{(R_{BY}^2 + R_{BZ}^2)} = \sqrt{479.36^2 + 400.5^2} = 624.65N$$

Se hará la selección en base al apoya más cargado, en este caso es el punto B, Como la fuerza axial es muy pequeña, se toma como esta, un 20% de la fuerza radial, sugerencia que proporciona el fabricante del rodamiento, entonces:

$$F_a = 0.2 * 624.65 = 124.93 N$$

**5.5.4. Carga estática equivalente ( $P_o$ ).** Para rodamientos Y cargados estáticamente se tiene que:

$$P_o = 0.6 F_r + 0.5 F_a$$

$$P_o = 0.6 (624.65) + 0.5 (124.93) = 437.255 N$$

$$P_o = 437.255 N$$

Cuando  $P_o < F_r$ , se toma  $P_o = F_r$ , por lo tanto

$$P_o = 624.65 \text{ N}$$

**5.5.5. Capacidad de carga estática ( $C_o$ ).** La capacidad de carga estática necesaria  $C_o$  se determina mediante la ecuación:

$$C_o = S_o P_o \quad \text{donde} \quad S_o = \text{Factor de seguridad estático}$$

$$C_o = \text{Capacidad de carga estática en N}$$

$$P_o = \text{Carga estática equivalente en N}$$

Del anexo Q, valores orientativos para el factor de seguridad estático, con referencia a rodamientos de bolas y un tipo de funcionamiento con cargas de choque, se tomará el valor de  $S_o = 1.5$ ; se procede a calcular  $C_o$ ,

$$C_o = 1.5 * 624.65 = 936.97 \text{ N}$$

$$C_o = 936.97 \text{ N}$$

**5.5.6. Carga dinámica equivalente ( $P$ ).** Para el calculo de esta fuerza se emplea la siguiente condición:

$$P = F_r \quad \text{cuando} \quad \frac{F_a}{F_r} \leq e$$

$$P = XF_r + YF_a \text{ cuando } \frac{F_a}{F_r} > e$$

En los rodamientos rígidos de bolas, los factores X e Y necesarios para el cálculo de la carga dinámica equivalente dependen de la relación entre la carga axial  $F_a$  y la capacidad de carga estática  $C_o$ , esta relación se puede encontrar en factores de cálculos del anexo Q.

$$\text{Entonces: } \frac{F_a}{F_r} = \frac{124.93}{624.65} = 0.2$$

$$\frac{F_a}{C_o} = \frac{124.93}{936.97} = 0.13$$

$$e = 0.31$$

Se determina que  $\frac{F_a}{F_r} < e$ , por lo tanto la carga dinámica equivalente es

$$P = F_r = 624.65 \text{ N}$$

Con referencia a la carga estática y la carga dinámica equivalente se selecciona el siguiente rodamiento y su soporte del catálogo SKF del anexo Q.

Con un diámetro del eje de 35 mm, designación YAR 207, con un soporte de pie con designación SY 507 M.

## 5.6. SELECCIÓN DEL MOTOR.

La selección del motor que va a mover el ventilador se realiza por medio de un catalogo de fabricantes, y se hace conociendo la potencia del motor requerido (MHP) y las revoluciones del ventilador.

La potencia del motor no esta bien definida, por eso se tiene en cuenta las pérdidas por deslizamiento, transmisión y uso de poleas.

**5.6.1. Potencia del motor.** La expresión para el calculo de la potencia del motor, para mover un ventilador operado con poleas, se puede determinar así:

$$Pot_{Motor} (MHP) = Pot_{Ventilador} (BHP) * \text{Factor de servicio}$$

Del anexo I, por tratarse de un extractor y a torsión normal en línea principal; se tiene un factor de servicio de 1.2, entonces:

$$MHP = 3.03 * 1.2 = 3.636 \text{ HP}$$

**5.6.2. Tipo de motor.** El motor seleccionado de un catalogo (ver anexo J) es el más aproximado a los cálculos realizados, del cual se tiene el siguiente motor con estas especificaciones:

- Tipo del motor : 1 LA 3
- Tamaño del motor : 100L
- Tensión : 220V YY / 440 VY arranque directo
- Potencia nominal : 4.8 HP ( 3.58 Kw)
- Velocidad nominal de rotación : 1700 r.p.m.

Cabe destacar que la potencia del motor de 4.8 HP se lleva a una potencia mayor o estandarizada a 5 HP.

## **5.7. SELECCIÓN DE POLEAS Y CORREAS.**

Los cálculos y selección de los diámetro de la poleas, el tipo y número de correas, son basados en la potencia del motor y las revoluciones por minuto a la cual gira; cuyos parámetros son: la potencia del motor es de 5 HP y su velocidad es de 1700 r.p.m.; pero como la empresa CORPISOS S. A. Posee en sus instalaciones un motor Siemens de 9 HP, que gira a 1740 r.p.m., para hacer uso de este motor, los cálculos se basarán con esta especificaciones. ( Ver Anexo J )

**5.7.1. Potencia de diseño.** Para el cálculo de la potencia de diseño se debe tener en cuenta la duración del funcionamiento de la máquina, en este caso la máquina trabajará temporalmente. Esta potencia de diseño se calcula mediante la expresión:

$$HP_{\text{Diseño}} = HP_{\text{Motor}} * N_{\text{sf}}$$

En el anexo K, se obtiene el coeficiente de servicio  $N_{\text{sf}}$  el tiene un valor de  $N_{\text{sf}} = 1.1$  y por ser de servicio temporal se le resta 0.2 a este factor.

$$HP_{\text{Diseño}} = 9 * (1.1 - 0.2) = 8.1 \text{ HP}$$

$$HP_{\text{Diseño}} = 8.1 \text{ HP}$$

Con esta potencia y las revoluciones del motor se obtiene el tipo de correa necesaria para el sistema, en el anexo L, se tiene una correa de tipo B.

**5.7.2. Diámetro de las poleas.** El diámetro mínimo recomendable para la polea transmisora es de  $D = 5.4$  pulgadas (13.71 cm.)

Más adelante se comprobará si estas son aptas o no para el sistema.

**5.7.3. Velocidad media.** La velocidad media se obtiene de la expresión:

$$V_m = \frac{\mathbf{p} * D_1 * \mathbf{h}_1}{12}$$

$$V_m = \frac{\mathbf{p} * 5.4 * 1740}{12} = 2460 \text{ f.p.m.}$$

Pero la velocidad media más eficiente es la que proporciona la máxima potencia, la cual se encuentra entre 4000 y 4500 f.p.m. Entonces asumiendo una velocidad de 4000 f.p.m. se calcula un diámetro mínimo:

$$4000 = \frac{\mathbf{p} * D_1 * \mathbf{h}_1}{12} \Rightarrow D_1 = \frac{4000 * 12}{\mathbf{p} * \mathbf{h}_1} = \frac{4000 * 12}{\mathbf{p} * 1740} = 8.78 \text{ pug.}$$

El cual se estandariza a  $D_1 = 8.6$  pulgadas (21.84 cm), entonces:

$$V_m = \frac{\mathbf{p} * 8.6 * 1740}{12} = 3917 \text{ f.p.m.}$$

Si se estandariza a un valor mayor, la velocidad si estará dentro del rango pero la relación de velocidades aumentaría, lo cual no se requiere puesto que la relación de velocidades estará garantizando que el ventilador si se moverá a su velocidad de giro, de lo contrario no se estará mandando el caudal estipulado de 1600 cfm, sino uno de un valor mucho menor.

De la relación :  $D_1 * \eta_1 = D_2 * \eta_2$  , despejamos  $D_2$  , de esta forma calculamos el diámetro de la polea conducida:

$$D_2 = \frac{D_1 * h_1}{h_2} = \frac{8.6 * 1740}{1551} = 9.6 \text{ pulg.}$$

Estandarizando este valor a  $D_2 = 9.4$  pulgadas (23.87 cm.)

**5.7.4. Distancia entre centros de poleas C.** Se procede a calcular la distancia entre centros de las poleas por las expresiones, tomando el mayor valor calculado:

$$C_1 = \frac{D_2 + D_1}{2} + D_1 \quad \text{o} \quad C_2 = D_2$$

$$C_1 = \frac{9.4 + 8.6}{2} + 8.6 = 17.6 \text{ pulg} \quad C_2 = 9.4 \text{ pulg.}$$

El valor de la distancia entre centros en  $C = 17.6$  pulgadas.



**5.7.5. Potencia nominal.** Se obtiene de la expresión:

$$HP_{Nominal} = \left[ a \left( \frac{10^3}{V_m} \right)^{0.09} - \frac{c}{k_d * D_1} - \frac{e * V_m^2}{10^6} \right] * \left( \frac{V_m}{10^3} \right)^7$$

Donde los valores de a, c y e se obtienen del anexo M y el factor  $k_d$  del anexo N con la relación de diámetros. Reemplazando los valores en la ecuación anterior se obtiene que:

$$HP_{Nominal} = \left[ 4.737 \left( \frac{10^3}{3917.5} \right)^{0.09} - \frac{13.962}{1.04 * 8.6} - \frac{0.0234 * 3917.5^2}{10^6} \right] * \left( \frac{3917.5}{10^3} \right) = 8.89 HP$$

$$HP_{Nominal} = 8.89 HP$$

**5.7.6. Longitud de la correa L.** Se calcula por medio de la ecuación:

$$L = 2C + 1.57(D_2 + D_1) + \frac{(D_2 - D_1)^2}{4C} \quad 8$$

$$L = 2 * 17.6 + 1.57(9.4 + 8.6) + \frac{(9.4 - 8.6)^2}{4 * 17.6} = 63.47 \text{ pulg}$$

<sup>7</sup> Tomado del texto "FAIRES Moring. Diseño de Elementos de Máquinas" Pag. 596

<sup>8</sup> Tomado del texto "FAIRES Moring. Diseño de Elementos de Máquinas" Pag. 582

Estandarizando este valor a una longitud de  $L = 69.8$  pulg. (177.2 cm.)  
Con lo cual se obtiene una designación de correa B68.

**5.7.7. Distancia ente centros de poleas real.** Aquí se recalcula el valor real de la distancia entre los centros de las poleas, por medio de la expresión:

$$C = \frac{B + \sqrt{B^2 - 32(D_2 - D_1)^2}}{16}$$

Donde el valor de B se calcula así:

$$B = 4L - 6.28(D_2 + D_1) = 4*69.8 - 6.28(9.4 + 8.6) = 166.16$$

$$C = \frac{166.16 + \sqrt{166.16^2 - 32(9.4 - 8.6)^2}}{16} = 20.766 \text{ pulg} (52.75 \text{ cm.})$$

**5.7.8. Potencia nominal corregida.** Es la calculada multiplicando la potencia nominal por el coeficiente de arco de contacto ( $K_\theta$ ), tomado del anexo O y por el factor de corrección de longitud ( $K_l$ ), del anexo P entonces:

$$HP_{\text{Corregida}} = 8.889 * 0.7538 * 0.95 = 6.365 \text{ HP}$$

**5.7.9. Número de correas.** Ahora, el número de correas necesarias en el sistema se calcula de la siguiente manera:

$$No.deCorreas = \frac{HP_{Diseño}}{HP_{Correido}}$$

$$No.deCorreas = \frac{8.1}{6.365} = 1.27 \approx 2Correas$$

Por lo tanto el sistema necesita:

- ✓ Una polea conductora de diámetro  $D_1 = 8.6$  pulgadas (21.84 cm.)
- ✓ Una polea conducida de diámetro  $D_2 = 9.4$  pulgadas (23.87 cm.)
- ✓ Una distancia entre centros de  $C = 20.766$  pulgadas (52.75 cm.)
- ✓ Dos correas trapezoidal B68. ( $b \cdot t = 21/32$  pulg. \*  $13/32$  pulg.)

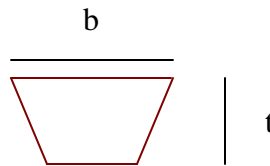


Figura 19. Dimensiones de la correa.

## **6. DISEÑO DEL SISTEMA DE SEPARACION DEL POLVILLO.**

Previamente se ha expresado que el sistema de separación es el de tipo ciclón, seleccionado de varias clases existentes como se mencionó en capítulos anteriores. Se ha elegido este tipo de separador por su sencillez de fabricación, su bajo costo de fabricación y su alta eficiencia.

### **6.1. SELECCIÓN DE LAS DIMENSIONES DEL CICLON.**

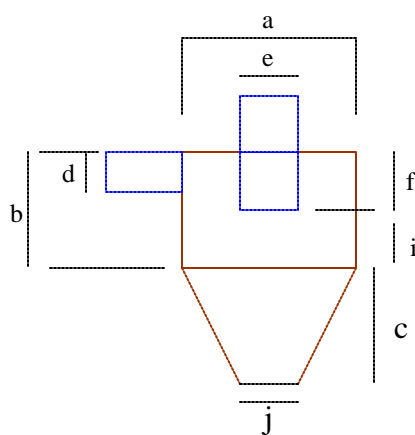
Para la selección de las dimensiones del ciclón, se procede a elegir las de catálogos o de tablas que presentan algunos textos relacionados con el tema; de los cuales se obtienen diámetros recomendados y sus relaciones con las demás dimensiones, además del caudal al cual trabaja cada uno de ellos.

Las dimensiones de un ciclón son relativas y afectan la eficiencia del proceso de separación del polvillo del aire, para el dimensionamiento de un ciclón se debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

- El diámetro del cuerpo del ciclón.

- La velocidad de entrada de la mezcla.
- La longitud del cuerpo del ciclón.
- El diámetro del ducto de salida.

**Cuadro 2. Medidas recomendadas para la selección de un ciclón.**



1. Diámetro nominal interno de la tubería y se conecta a un ventilador auxiliar.
2. Ajustable.
3. Opcional, puede reducirse si se conecta a un ventilador auxiliar.

Caudal c.f.m.	Pulgadas									
	a	b	c	d <sup>1</sup>	E	F	g	h	i <sup>2</sup>	J <sup>3</sup>
500...	37	15	33	5	10	12	8	7	8	3
1000...	44	21	40	7	14	16	11	10	11	5
2000...	54	30	49	10	20	19	15	14	15	6
3000...	63	36	57	12	25	22	18	18	19	7
5000...	75	48	68	16	32	28	24	22	24	10
7500...	87	60	78	20	39	34	30	27	30	10
10000..	97	68	87	23	45	38	34	32	34	12
12500..	105	75	95	25	50	42	38	35	38	12
15000..	114	82	103	27	55	45	41	38	42	12
20000..	127	94	114	32	63	51	47	44	48	13
25000..	139	105	125	35	70	57	63	49	54	13
30000..	151	116	136	39	77	62	58	54	59	14
35000..	163	126	147	42	84	67	63	59	64	14
40000..	173	135	156	45	90	72	68	63	69	15

## 6.2. DISEÑO DEL DUCTO DE SALIDA DEL AIRE LIMPIO.

El diámetro del ducto de salida del aire limpio o del cilindro interno del ciclón ya es conocido; se obtuvo cuando se realizó la selección del ciclón por medio del cuadro 2, el cual posee un valor de 10 pulgadas de diámetro; pero el extremo superior coincide con el extremo superior del ciclón, nótese en la figura del cuadro 2; teniendo en cuenta que las pérdidas halladas en este tramo son calculadas de la forma de longitud equivalente, entonces no se alterará el procedimiento si esta longitud es alargada un poco hacia la parte superior del ciclón.

Por limitación espacial y por estética se ha determinado la longitud del tramo del ducto de salida del aire limpio en 2 pies (12 pulgadas  $\approx$  30.5 cm).

Por medio de este conducto, atraviesa el aire limpio obtenido del dispositivo de separación, el ciclón y es expulsado a la atmósfera.

## **7. DISEÑO DEL SISTEMA DE RECOLECCION DEL POLVILLO.**

Después de haberse extraído y separado el polvillo del aire, se procede a recogerse en un depósito, que en este proyecto será también la estructura que contendrá a los ciclones, estéticamente los ciclones quedarán protegidos de todo agente externo, por las paredes de este y en su parte inferior poseerá la salida de las partículas finas del polvillo recogido, en forma de tolva o embudo, para posteriormente ser envasadas en un balde y llevadas al lugar de trabajo.

### **7.1. DISEÑO DEL DEPOSITO.**

El diseño del depósito es realizado con base a las dimensiones de ambos ciclones, su ancho y su altura, además de la tolva que recogerá el producto que sale de los ciclones y teniendo en cuenta el espaciamiento que existirá entre la salida de la tolva y el suelo, para que así el trabajador tenga facilidad de operar la recolección del producto.

Las dimensiones son:

- Ancho: 170 cm
- Largo: 260 cm
- Altura: 300 cm

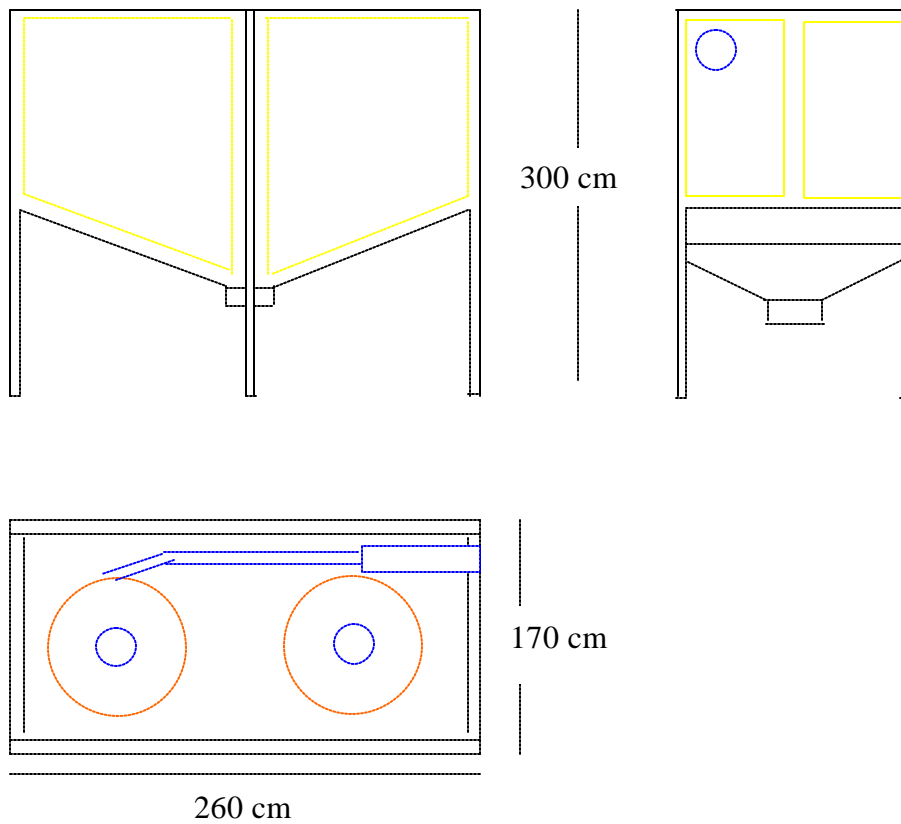


Figura 20. Dimensiones del depósito.

## 8. ACCESORIOS ELECTRICOS.



### **8.1. PROTECCION DEL CIRCUITO.**

En todo sistema en el cual participen motores eléctricos, debe realizarse un montaje eléctrico, con algunos accesorios que le sirvan de protector, como un relé, braker, contactor y otros; los cuales se accionan cuando el amperaje de entrada al sistema es bastante alto y pueda ocasionar daños inmediatos al motor. En instalaciones industriales, el material eléctrico esta frecuentemente sometido a condiciones muy duras de trabajo, por lo que resulta necesaria su protección con el objetivo de evitar fallas en su funcionamiento.

Las perturbaciones contra las que se deben tener medidas de protección son: Sobrecargas prolongadas, cortocircuitos, sobretensiones, sobrecargas repentinas, aceleración y desaceleración demasiado rápidas y fallo de fase en los motores.

### **8.2. SELECCIÓN DE ACCESORIOS ELECTRICOS.**

Para la selección de estos dispositivos, se realiza mediante catálogos de fabricantes, pero primero debe conocerse la corriente (i) que consume el

motor; conociendo las características del motor como voltaje (V), su potencia en Wats, el factor de potencia ( $\phi$ ) y siendo trifásico, el calculo se realiza por medio de la siguiente ecuación:

$$P_{Nominal} = \sqrt{3} * V * i * \cos j$$

$$i = \frac{P_{Nominal}}{\sqrt{3} * V * \cos j} = \frac{6714}{\sqrt{3} * 220 * 0.86} = 20.488 \text{ Amperios}$$

Pero la corriente de arranque del motor es de 5 a 7 veces la corriente nominal, entonces:

$$I_{arranque} = 5 * 20.488 = 102.44 \text{ amperios}$$

Esta es la corriente con la cual se deben seleccionar los accesorios de protección, aunque este valor puede ser inferior según los fabricantes.

**8.2.1. Relé.** Es un dispositivo que puede ser eléctrico, mecánico o neumático, accionado por una variación en las características de otro dispositivo en el mismo circuito eléctrico. Para el proyecto en mención se selecciona el relé de referencia: LR2D2353 (Ver Anexo R).

**8.2.2. Contactores.** Se puede definir como un aparato de corte, con mando a distancia, que vuelve a la posición de reposo cuando deja de actuar la fuerza que lo mantiene conectado, este debe preverse para maniobras frecuentes de baja carga y sobrecargas normales.

De acuerdo con las normas Internacionales Eléctricas se establecen cuatro clases de servicio de los contactores:

- Servicio permanente, por tiempo indefinido y superior a 8 horas
- Servicio de 8 horas, no sobrepasa 8 horas sin interrupción
- Servicio temporal, los contactores principales pueden permanecer cerrados en un tiempo insuficiente para que el circuito alcance la estabilidad térmica.
- Servicio intermitente, este presenta periodos de trabajo y de reposo de duración constante y definida.

Para el proyecto en mención se selecciona un contactor de referencia:

LC1D3210 (Ver Aneo R).

**8.2.3. Los pulsadores.** Se emplean para maniobra de contactores y combinaciones de ellos, para abrir o cerrar circuitos auxiliares, para mando de un relé, para señalización, consta de dos elementos, el botón pulsador y cámara de contactos. En el proyecto en mención se selecciona pulsadores tipo LE1D325M753 (Ver Anexo R)

**8.2.4. Conductores.** Estos son los que llevan la corriente eléctrica hasta el lugar de trabajo, pueden ser cables o alambres de determinado calibre. Para este proyecto se selecciona un cable de calibre 8AWG (Ver Anexo R).

## **9. ANALISIS DE COSTOS Y EVALUACION ECONOMICA DEL PROYECTO.**

### **9.1. ANALISIS DE COSTOS.**

Para la evaluación económica de los costos que implica la construcción y montaje del sistema de extracción, separación y recolección del polvillo de piedras trituradas, se tienen en cuenta los siguientes conceptos:

- Recursos Humanos.
- Actividades de Montaje.
- Costos por Mano de Obra.
- Costos por materiales Directos.
- Costos por Obras Civiles.
- Equipos y Herramientas.
- Costos de Transporte.
- Costos Generales de Fabricación.

**9.1.1. Recursos Humanos.** Comprende todas las personas que participaron directa e indirectamente en la realización de los dispositivos que hacen parte del sistema en general.

**9.1.2. Actividades de montaje.** Comprende la fabricación, montaje, instalación y ensamble de los elementos o dispositivos necesarios en el proyecto.

**9.1.3. Costos y Mano de Obra.** Comprende los costos de proceso que transforman las materias primas en productos acabados y su evaluación se hace teniendo en cuenta el valor de la hora / hombre / máquina.

**9.1.4. Costos por Materiales Directos.** Comprende los diversos materiales que forman parte integral de las máquinas.

**9.1.5. Costos por Obras Civiles.** Comprende todo lo relacionado con la construcción civil, por ejemplo, placas de cementos, muros, paredes, etc.

**9.1.6. Equipos y Herramientas.** Comprende los equipos y herramientas que se emplearon para el desarrollo del proyecto. Se realiza teniendo en cuenta el valor de alquiler unitario por días.

**9.1.7. Costos de Transporte.** Aquí se detalla los fletes por transportar los equipos, herramientas y accesorios hasta la planta o el lugar donde se está realizando el proyecto, el transporte del personal, materia prima y otros.

**9.1.8. Costos Generales de Fabricación.** Comprende los costos de producción que no están catalogados anteriormente, tales como: servicio, alquiler.

## **9.2. DETALLE DE LOS COSTOS.**

**9.2.1. Tabla 1. Descripción de los recursos humanos por actividad.**

Cargo	Número de trabajadores
Ingeniero de obras	1
Soldador clase B	1
Tubero	1
Albañil	1
Pintor	1
Ayudante de soldadura	1
Ayudante de albañilería	2
Ayudante de pintura	1
Ayudante de mecánica	1

Electricista	1
--------------	---

---

### 9.2.2. Tabla 2. Listado de actividades del montaje.

Descripción	Cantidad
Fabricación de la carcaza	1
Fabricación de las estructuras metálicas	1
Fabricación del ciclón	2
Fabricación del depósito	1
Fabricación de la campana de succión	1
Ensamble de la campana	1
Instalación de las tuberías	4
Montaje de la campana	1
Montaje del ventilador	1
Montaje del motor	1
Montajes eléctricos	1

---



### 9.2.3. Tabla 3. Presupuesto total mano de obra por especialidad.

Mano de obra incluyendo prestaciones sociales y administración.

Salario convencional.

Cargo	Número de trabajadores	Días de trabajo	Salario básico, prestaciones sociales, dotaciones (\$)	Total (\$)
Ingeniero De obra	1	10	65.000	65.000
Soldador clase B	1	4	30.500	122.000
Tubero	1	2	25.000	50.000
Albañil	1	2	25.000	50.000
Pintor	1	1	20.000	20.000
Ayudante de soldador	1	4	10.000	40.000
Ayudante de albañil	2	2	10.000	20.000
Ayudante de pintura	1	1	6.000	6.000
Mecánico	1	3	7.000	21.000
<b>Total mano de obra (sin A.I.U.)</b>				<b>\$ 979.000</b>

### 9.2.4. Tabla 4. Lista de materiales con totales y subtotales.

Obras de metalmeccanica.

Descripción	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor total (\$)
Lamina de acero	Und.	4	180.000	720.000
Codo de 30° (radio 2.5φ)	Und	1	14.000	14.000
Codo de 90° (radio 2.5φ)	Und	4	14.000	56.000
Tornillos (5/16'' -18 NC*5	Und	40	450	18.000
Lam. de acero galvanizado	Und	8	80.000	640.000
Soldadura	Kg	30	4.500	135.000
Soldadura	Kg	20	4.500	90.000
Thiner	Gln	4	6.000	24.000
Pintura	Gln	2	38.000	76.000
Brochas	Und	2	4.500	9.000
Disco pulidoras	Und	2	4.450	8.900
Poleas	Und	2	25.000	50.000
Correas	Und	1	18.000	18.000
Carcaza del ventilador	Und	1	110.000	110.000
Patas para base del deposito	Und	4	90.000	360.000
Motor	Und	1	960.000	960.000
Ventilador	Und	1	250.000	250.000
Chumaceras	Und	2	25.000	50.000
Hojas de seguetas	Und	5	1.500	7.500
Relé	Und	1	150.000	150.000
Contactador	Und	1	180.000	180.000

Cables eléctricos	mt	5	1.800	9.000
Total obra ( sin A.I.U.)				\$ 3'935.400

### 9.2.5. Tabla 5. Obras civiles.

Descripción	Unidad	Cantidad	Alquiler unitario	Valor total(\$)
Arena	M <sup>3</sup>	4	11.500	46.000
Ladrillos No.6	Und	35	500	17.500
Cemento	Und	6	14.000	84.000
Triturado	M <sup>3</sup>	4	12.500	50.000
Varillas corrugadas	Und	8	4.200	33.600
Alambre dulce	Kg	10	2.000	20.000
Cajas de clavos 3*2	Und	4	2.500	10.000
Total obras civiles (sin A.I.U.)				\$ 261.100

**9.2.6. Tabla 6. Listado de equipos y herramientas.**

Descripción	Cantidad	Alquiler unitario	Dias	Valor (\$)
Máquina de soldar eléctrica	1	25.000	10	250.000
Herramientas menores		2.500	10	25.000
Taladro	1	7.500	1	7.500
Pulidora	1	11.000	2	22.000
Dobladora de lamina	1	35.000	1	35.000
Cortadora de lamina	1	35.000	1	35.000
Compresor	1	15.000	1	15.000
Total equipos y herramientas				\$ 389.500

**9.2.7. Tabla 7. Gastos de transporte.**

Descripción	Valor (\$)
Transporte del personal calificado	50.000
Transporte de laminas	110.000
Transporte de equipos y htas	50.000
Total gastos de transporte	\$ 210.000

**9.2.8. Tabla 8. Presupuesto total de fabricación y montaje.**

Descripción	Valor (\$)
Total mano de obra ( sin A.I.U.)	979.000
Total materiales	3'935.400
Total equipos y herramientas	389.500
Total transporte	250.000
Sub total	5'553.900
Administración (8%)	444.312
Imprevistos (5%)	277.695
Utilidad (10%)	555.390
IVA (sobre utilidad) (12%)	666.468
<b>TOTAL DE LA OBRA</b>	<b>\$ 7'497.765</b>

### 9.3. EVALUACION ECONOMICA.

Para la evaluación económica se determina el costo de la operación de recolección del polvillo realizada en forma manual, estos cálculos, son basados en el salario devengado por los trabajadores que realizan la operación de recolección. Este costo se comparará con el valor del costo de la operación realizada con la ayuda del sistema, después se analizará el ahorro por costo de producción en un mes.

Para efectuar los cálculos es necesario cuantificar las inversiones, los gastos operativos y la disminución en los costos operacionales que representa la recolección del polvillo con la ayuda del sistema. De la información suministrada por la empresa CORPISOS S.A. se ha podido llegar a la siguiente relación:

- La producción mensual promedio obtenida por cinco trabajadores en un turno de ocho horas diarias es de  $122 \text{ m}^3$  de polvillo.
- El salario integral (incluye prestaciones sociales) de cada uno de los trabajadores es de \$286.315, por tanto los costos de operación de recolección del polvillo mensualmente se obtienen multiplicando el número de trabajadores por el valor salarial de los cinco trabajadores; entonces:

(salario de un trabajador)\*(número de trabajadores)

$$(\$286.315)*(5) = 1'431.575$$

Este es el costo de la recolección manual mensual.

Ahora se desea calcular el valor de la operación manual de recolección del polvillo por metro cubico ( $m^3$ ) unitario, para esto se divide el valor del costo de la recolección del polvillo entre la producción mensual.

$$\text{ValorOperaciónRecolección} = \frac{\text{CostoRecolecciónManualMensual}}{\text{ProducciónMensual}}$$

$$\text{ValorOperaciónRecolección} = \frac{1'431.575}{122} = 11.734,2213$$

De igual manera se necesitan los costos de la operación realizados con la ayuda del sistema, La producción obtenida con este mismo y el valor unitario de la operación realizada con el sistema.

- Costos de operación mensual realizada con el sistema: el sistema utiliza un motor de 9 HP de potencia, estos son convertidos en KW y se obtiene el consumo en KW-H del motor eléctrico, luego, como el sistema trabajará ocho horas diarias, en un mes trabajará 240 horas, para obtener el consumo mensual, con el valor del KW-H, establecido

por la empresa de energía eléctrica, el cual es de \$132, se tiene el costo de la energía eléctrica de operación, a esta se le suma el costo de mantenimiento que posee un valor de \$180.000

Como  $1 \text{ KW} = 1.34 \text{ HP}$ , entonces  $9\text{HP} = 6,716 \text{ KW}$

Luego,  $6,716 \text{ KW} * 240 \text{ H} = 1611,94 \text{ KW-H}$

$1611,94 \text{ KW-H} * \$132 = \$ 212.776,12$  en energía eléctrica

$$212.776,12 + 180.000 = 392.776,12$$

- Producción obtenida con la ayuda del sistema. Según información suministrada por la empresa CORPISOS S.A. en un mes los trabajadores recogen  $122 \text{ m}^3$  de polvillo, con un tiempo para cada  $\text{m}^3$  de 21244 segundos, por lo tanto el tiempo real de trabajo se calcula al multiplicar el número de  $\text{m}^3$  producidos mensualmente por el tiempo de recolección del polvillo de cada  $\text{m}^3$ , esto es:

$$122 \text{ m}^3 * 21244 = 2'591.768 \text{ segundos}$$

- Para obtener la producción realizada por el sistema en un mes se divide el tiempo real de trabajo mensual (2'591.768 seg.) entre el tiempo promedio de recolección del polvillo (18.514 segundos) así:



$$\frac{2'591.768}{18.514} = 139,98 \cong 140m^3 \text{ mensual}$$

- El valor unitario de la operación por  $m^3$  se consigue dividiendo el costo de la operación (392.776,12) entre la cantidad de  $m^3$  producidos por el sistema (140  $m^3$ ), entonces:

$$\frac{392.776,12}{140} = 2.805,54 \text{ pesos}$$

Los cálculos anteriores se visualizan mejor en los siguientes cuadros.

**Cuadro 3. Comparación de costos de operación.**

DESCRIPCIÓN	OPERACIÓN MANUAL	OPERACIÓN CON EL SISTEMA
Producción promedio mensual ( $m^3$ de polvo)	122	140
Costo promedio de la operación unitaria mensual (\$)	11.734,2213	2.805,54
Costo promedio de la producción (\$)	1'431.575	392.776,12
Ahorro mensual promedio (\$)		1'038.789,88
Porcentaje promedio de ahorro (%)		72,563
Incremento mensual promedio de la producción ( $m^3$ unitario)		18
Porcentaje Promedio de incremento de producción (%)		14,754

La empresa CORPISOS S.A. esta interesada en realizar la construcción y el montaje del sistema, optimizar la producción y lógicamente, disminuir costos.

Utilizando la información teórica y la experiencia de los ingenieros de la empresa, el estudio preliminar arrojó los siguientes datos:

- El horizonte del proyecto es de tres años, tiempo en el cual se recuperará la inversión, los estudios complementarios y la negociación de los equipos se harán en seis meses antes del arranque del sistema. El proyecto funcionará cinco semestres y se liquidará el semestre siguiente, solo por tratarse de la verificación de la recuperación de la inversión, se estima que el valor de salvamento de los equipos es del 20%.
- La capacidad de producción se ha calculado en 140 m<sup>3</sup> por mes, y el precio mensual de la operación por m<sup>3</sup> es de \$11.734,2213.
- Los costos estimados por producción, mensual son de 80% variables y 20% fijos, los costos fijos equivalen a mantenimiento preventivo y los costos variables equivalen al valor de la energía y cualquier mantenimiento correctivo que se le haga al sistema. En los costos totales, los cuales son la suma de los costos anteriores; intervienen los siguientes costos mensuales: el valor del consumo de la energía eléctrica (\$212.762,889), el valor del costo de mantenimiento (\$180.000), el valor del salario integral de tres trabajadores (\$858.945); los dos restantes no son necesarios con la utilización del

sistema, por lo cual la empresa los traslada a otra dependencia; a la suma de estos valores se le estima un 10% a causa de trabajos adicionales, el subtotal es multiplicado por seis, que son los periodos semestrales, y del total resultante de estas operaciones, el 20% son los costos fijos y el 80% los costos variables como se mencionó anteriormente.

➤ Las inversiones del proyecto son:

a. Para equipos (activos fijos depreciables)	\$ 5'180.000
b. Para estudios y gastos de organización y montaje	\$ 820.000
c. Capital de trabajo	\$ 1'500.000
 Total	 \$ 7'500.000

El capital de trabajo se recupera al final del proyecto junto con el valor de salvamento.

La empresa aportará el total de la inversión (\$ 7'500.000) y ha fijado una tasa de interés de oportunidad del 20% E.A. (efectivo anual). Los activos fijos y los activos diferidos se deprecian en cinco semestres.

A continuación se muestra la información de la evaluación económica en forma resumida para facilitar su análisis, teniendo presente que los periodos son semestrales.

**Cuadro 4. Balance inicial**

Activos		Pasivos	
Caja	1'500.000	Obligaciones	0
Diferido	820.000	Patrimonio	7'500.000
Activos fijos	5'180.000		
Total	7'500.000	Total	7'500.000

**Cuadro 5. Ingreso por ventas.**

PERIODOS	0	1	2	3	4	5	6
Cantidad de m <sup>3</sup>		840	840	840	840	840	840
Costo producción manual		9'856.745,89	9'856.745,89	9'856.745,89	9'856.745,89	9'856.745,89	9'856.745,89

**Cuadro 6. Presupuesto de inversión.**

PERIODOS	0	1	2	3	4	5	6
Activo fijo	5'180.000						
Diferido	820.000						
Capital de trabajo	1'500.000						
Total	7'500.000						

**Cuadro 7. Costos (80% variables y 20% fijos).**

PERIODOS	0	1	2	3	4	5	6
Costos fijos		1'652.254	1'652.254	1'652.254	1'652.254	1'652.254	
Costos variables		6'609.017	6'609.017	6'609.017	6'609.017	6'609.017	
Costos totales		8'261.272	8'261.272	8'261.272	8'261.272	8'261.272	

**Cuadro 8. Depreciación y diferidos.**

PERIODOS	0	1	2	3	4	5	6
Fijos depreciables	5'180.000						
Depreciación semestral		1'036.000	1'036.000	1'036.000	1'036.000	1'036.000	
Diferidos	820.000						
Amortización diferida		164.000	164.000	164.000	164.000	164.000	

**Cuadro 9. Flujo de producción.**

PERIODO	0	1	2	3	4	5	6
Costos de producción manual		9'856.745.89	9'856.745.89	9'856.745.89	9'856.745.89	9'856.745.89	
Costos totales		8'261.272	8'261.272	8'261.272	8'261.272	8'261.272	
Utilidad por distribuir		1'595.473,89	1'595.473,89	1'595.473,89	1'595.473,89	1'595.473,89	
Depreciación		1'036.000	1'036.000	1'036.000	1'036.000	1'036.000	
Amortización diferida		164.000	164.000	164.000	164.000	164.000	
Flujo de producción		2'631.473,89	2'631.473,89	2'631.473,89	2'631.473,89	2'631.473,89	





Con el flujo neto de caja se procede a determinar el Valor Presente Neto (VPN), utilizando los factores de interés compuesto discreto. (Ver anexo T). La tasa interna de oportunidad (TIO) propuesta por la empresa CORPISOS S.A. es de 20% E.A. ( efectiva anual), pero se ha trabajado con periodos semestrales, por la que se debe buscar su interés equivalente mediante la siguiente expresión:

$$i_p = (1 + i_e)^{1/n} - 1$$

Donde  $i_p$  : Interés periódico

$i_e$  : Interés efectivo

$n$  : Número de veces que el periodo de composición cabe en el periodo de referencia

$$i_p = (1 + 0.20)^{1/2} - 1 = 9,5445 \cong 10\%$$

Para calcular el VPN, empleamos la siguiente ecuación:

$$VPN = \sum VP_I + \sum VP_E - Inversión$$

$$VPN = 2'631.473,89 (P/A, i, n) + 2'536.000 (P/F, i, n) - 7'500.000$$

$$VPN = 2'631.473,89 (P/A, 10, 5) + 2'536.000 (P/F, 10, 6) - 7'500.000$$

$$VPN = 2'631.473,89 (3.79079) + 2'536.000 (0.56447) - 7'500.000$$

$$VPN = 9'975.364,9 + 1'431.495,92 - 7'500.000 = 3'906.860,82$$

$$VPN = 3'906.860,82 \quad VPN > 0$$

Esto significa que los ingresos del proyecto (\$2'631.473,89) durante cada uno de los cinco semestres y \$2'536.000 al final del sexto semestre, son suficientes para garantizar la recuperación de los egresos (\$7'500.000) en el periodo cero; la obtención de un retorno semestral sobre un capital no amortizado del 10% y un excedente favorable equivalente a \$ 3'906.860,82 en la posición cero.

Además se puede expresar que se permite gastar \$ 3'906.860,82 más en el proyecto y aún mantener la rentabilidad del 10%.

Otra interpretación, muy importante, consiste en considerar que el VPN indica la utilidad económica; si este es positivo, o la pérdida económica; si este es negativo, que el proyecto genera por encima de los requerimientos mínimos de la recuperación del capital y de retorno, lo que permite decidir si el proyecto es viable o si se justifica económicamente o no, porque para que el VPN sea positivo es necesario que los ingresos superen los egresos y el retorno mínimo y dejen una utilidad adicional reflejada por el VPN. Entonces si este indicativo es positivo, el proyecto es factible.

Para calcular la tasa interna de retorno (TIR), se emplea la expresión:

$$\Sigma VP_E = \Sigma VP_I$$

$$7'500.000 = 2'631.473,89 (P/A, i, n) + 2'536.000 (P/F, i, n)$$

$$7'500.000 = 2'631.473,89 (P/A, i, 5) + 2'536.000 (P/F, i, 6)$$

$$7'500.000 = 2'631.473,89 \left[ \frac{(1+i)^5 - 1}{i(1+i)^5} \right] + 2'536.000 \left[ \frac{1}{(1+i)^6} \right]$$

Donde resulta que  $i = 26,4 \%$  (TIR > TIO)

Para calcular el tiempo en el cual se recupera la inversión, se emplea la expresión anterior, despejando el valor de n:

$$\Sigma VP_E = \Sigma VP_I$$

$$7'500.000 = 2'631.473,89 (P/A, i, n) + 2'536.000 (P/F, i, n)$$

$$7'500.000 = 2'631.473,89 (P/A, 10, n) + 2'536.000 (P/F, 10, n)$$

$$7'500.000 = 2'631.473,89 \left[ \frac{(1+0.1)^n - 1}{0.1 * (1+0.1)^n} \right] + 2'536.000 \left[ \frac{1}{(1+0.1)^n} \right]$$

Se obtiene un valor de  $n = 2,456 \cong 2,5$  semestres.

En dos semestres y medio se recupera la inversión.

## 10. MANTENIMIENTO DEL SISTEMA.

Para que el sistema continúe trabajando en buenas condiciones y que la productividad sea optima, sin que haya necesidad de realizar una inversión extra, es preciso realizar una plan de mantenimiento preventivo en el cual se debe tener en cuenta ciertos aspectos importantes para el sistema y consecuentemente para la empresa, los cuales son:

- Mantener la efectividad del sistema a través del tiempo.
- Continuar protegiendo a los trabajadores y cumpliendo con las normas existentes sobre contaminación en ambientes de trabajo.
- Ayudar a mantener el valor del sistema lo más constante posible.

## **10.1. PROGRAMA DE INSPECCION PERIODICA.**

Por la poca cantidad de dispositivos pertenecientes al sistema, el programa de inspección periódica resulta sencillo, estas inspecciones se harán diarias, semanal y mensualmente.

**10.1.1. Inspección diaria.** Se realizará una inspección visual de la campana, ductos, codos y demás accesorios; una forma de chequear si hay material sedimentado en los ductos es tomando una barra de madera delgada; podría ser un palo de escoba, y se empieza a golpear suavemente la parte inferior de las tuberías en los tramos horizontales; si

los sonidos al golpear son similares al de la hoja de metal, entonces se presume que la tubería esta limpia, no hay sedimentación del material, si los golpes producen sonidos sordos y no presentan vibración del metal, puede haber sedimentación o aglutinamiento de polvo en el ducto.

Revisar todas las uniones de tubería para detectar la presencia de fugas de la mezcla para así ser reparadas y si es necesario realizar un mantenimiento correctivo a los empaques que se encuentren en estas uniones.

**10.1.2. Inspección semanal.** Semanalmente se estará inspeccionando la carcasa del ventilador en sus uniones a los ductos, también se revisará el estado de las correas y poleas, además del recolector del polvillo, evitando así el acumulamiento de este.

**10.1.3. Inspección mensual.** En este periodo se revisarán los componentes del limpiador de aire, en este caso es el ciclón, el ducto de entrada de este y el ducto de salida.

**10.1.3.1. Mantenimiento del motor.** Antes de efectuar cualquier trabajo sobre el motor asegúrese que este desconectado y que no sea posible su reconexión. Se inspeccionará el motor del sistema, en su buen funcionamiento y lubricar correctamente sus rodamientos; los motores que accionan a los ventiladores, por lo general usan rodamientos rígidos de bola con dos tapas protectoras (tipo 2Z) y prelubricados.

En consecuencia no se necesitan relubricar los rodamientos, para montar nuevos rodamientos, solo en caso de ser necesario, debe tenerse en cuenta su tipo y tamaño. Estos pueden montarse a presión mediante dispositivos mecánicos o hidráulicos, o mediante calentamiento en seco. Dado que esta operación exige desarmar el motor, asegúrese de que quede herméticamente sellado al momento de montarlo de nuevo.

Se debe limpiar el polvo que se deposita encima de la superficie del motor, esta limpieza puede realizarse con aire a presión.

**10.1.3.2. Mantenimiento del ventilador.** Asegúrese de que el ventilador no se encuentre energizado, es necesario efectuar mensualmente inspecciones para verificar que no haya anormalidades que puedan conducir a daños mayores.

Como las condiciones son tan variadas, estos periodos de inspección dependen del sitio de instalación, de la frecuencia de maniobras y de otros aspectos. Se debe lubricar, el eje del rotor del ventilador para evitar que se deteriore con la introducción de polvo, preferiblemente hacerlo con grasa gruesa.

En cada inspección debe limpiarse el polvo que se acumula en las superficies accesibles del ventilador, ya sea usando para ello aire seco a presión.

Referente a las aspas de este ventilador, no es necesario limpiarlas con tanta frecuencia puesto que son de autolimpieza, aunque no esta de más realizarlo.

## **10.2. OTROS ASPECTOS.**

Aparte de lo expuesto anteriormente se debe tener muy presente la buena comunicación con los trabajadores y operarios que se encuentran laborando en lugares cercanos al sistema, con el fin de que ellos mantengan informado al encargado del mantenimiento y este pueda actuar con anticipación. También se debe proporcionar entrenamientos a

los trabajadores que laboran con el sistema y mostrarla como trabajar en forma correcta y segura.

Se requiere que los dispositivos del sistema sean pintados anualmente para evitar la posible corrosión por agentes externos que todo el sistema se encuentra en una zona donde las corrientes de aire salinas pueden llegar a su alcance.

Un último aspecto importante es el de mantener registros escritos de las actividades relacionadas con el mantenimiento del sistema ya que cabe la posibilidad de que al encargado del mantenimiento sea reemplazado por otro, y esta nueva persona querrá saber la historia del sistema en materia de mantenimiento.



## **11. DESCRIPCION Y CARACTERIZACION AMBIENTAL DEL PROYECTO.**

Las normas internacionales sobre administración ambiental, ISO 14000, están previstas para proveer a las organizaciones de los elementos de un sistema efectivo de administración ambiental, que se puede integrar con otros requisitos administrativos, para ayudarles a lograr sus metas económicas y ambientales. Dichas normas al igual que otras internacionales, no deben usarse para crear barreras arancelarias, ni para aumentar o cambiar las obligaciones legales de una organización.

### **11.1. FACTORES ABIOTICOS.**

**11.1.1. Morfología.** El municipio de Turbaco posee una gran variedad de suelos como son: arenoso, arcilloso, rocoso, etc. Además cuenta con una gran cantidad de canteras dedicadas a la extracción de diferentes tipos de piedras (rocas) y arenas.

La planta de producción de la empresa CORPISOS S.A. se encuentra situada sobre suelo rocoso en un 70% de su área y el resto sobre suelo arcilloso y arenoso.

**11.1.2. Climatología.** El análisis del clima se basa en la información de la estación meteorológica del Aeropuerto Rafael Nuñez ubicado en Crespo, la cual tiene registros de mas de 40 años. En el Tabla 17 se presenta un resumen de las principales variables.

Cuadro 11. Resumen multianual de parámetros meteorológicos

### Aeropuerto Rafael Nuñez

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep.	Oct	Nov	Dic	Anual
Precipitación mm	8	2	2	25	86	111	87	118	135	204	124	24	926
Evaporación mm	178	191	204	189	175	156	174	157	148	128	138	157	1,995
Temperatura promedio °C	26.9	26.9	27.1	27.7	28.1	28.2	28.2	28.1	28	27.6	27.7	27.4	27.7
Temperatura max. Prom. °C	31.8	31.5	31.5	31.4	31.9	32	32.1	32.1	31.8	31.6	31.8	32	31.8
Temperatura min. Prom. °C	22.3	22.3	22.9	23.8	24.2	24.2	23.9	24.2	24	23.7	23.7	22.9	23.5
Brillo solar total horas	285	250	242	215	209	204	224	212	174	174	204	273	2,666
Humedad relativa %	78	77	78	78	80	78	80	81	81	82	81	79	79.4
<b>Vientos</b>													
Velocidad media m/s	6.1	10.3	6.6	6.4	4.8	4.8	4.9	4.6	4.4	4.1	4.4	5.4	5.6
Dirección dominante %	38	52	49	48	31	24	28	18	13	12 S	16	35	
Proporción de calmas %	17	13	12	12	21	25	19	22	29	26	22	18	19.7

**11.1.3. Parámetros de Estudio.** Con el fin de establecer la línea base del estudio se analizarán los siguientes parámetros:

1. Vientos.
2. Aire.

**11.1.3.1. Vientos.** De acuerdo con los estudios consultados, la región de Cartagena y el norte de Colombia está sometida, de diciembre a abril, a la influencia de los vientos alisios que soplan con dirección predominante NNE y ENE y velocidades promedio de 7 m/s, y valores máximos que no superan los 17 m/s. De mayo a noviembre se hacen predominantes los vientos del Sur y Oeste siendo más fuertes entre octubre y noviembre.

**11.1.3.2. Aire.** De acuerdo con los estudios consultados el aire en las afueras del municipio de Turbaco, es considerado bastante bueno y sin contaminación, ni alteraciones en sus componentes por parte de elementos extraños que puedan causar algún perjuicio en la salud. Esto es debido a la extensa vegetación y las pocas empresas químicas en esta zona.

## **11.2. FACTORES BIOTICOS.**

**11.2.1. Terrestres.** El área objeto de estudio presenta actualmente desde el punto de vista estructural y en un alto porcentaje, una vegetación completamente diferente a la que alguna vez allí existió. Esta situación es explicable si se tiene en cuenta el actual uso que tiene la zona.

La cobertura vegetal que se registra en el área directa de la obra, tiene un alto grado de intervención ya que toda la vegetación existente ha sido dispuesta de acuerdo a un programa de arborización y por consiguiente la fauna existente es la típica asociada a este tipo de vegetación.

**11.2.2. Aspectos socio-económicos-culturales.** Actualmente en las zonas aledañas a la planta de producción de CORPISOS S.A. se encuentran cultivos agrícolas para el consumo humano (yuca, maíz, plátano, limón y otras) Además se encuentran viviendas y la carnicería del pueblo y otras empresas dedicadas a la fabricación de baldosas.

### **11.3. EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL.**

La evaluación ambiental que se realiza a las actividades del sistema de extracción, separación y recolección del polvillo en la empresa CORPISOS S.A., pretende identificar las acciones que presentan algún impacto ambiental de carácter negativo y/o positivo, para identificar las medidas de control, mitigación y compensación más efectivas, que serán desarrolladas en el respectivo Plan de Manejo Ambiental.

En términos generales el enfoque del estudio está dado en primera instancia en la identificación de actividades en la zona que actualmente están generando algún tipo de problema ambiental, para luego identificar y evaluar cada uno de los efectos generados. Finalmente se realiza una comparación de la calidad ambiental de los elementos sin y con proyecto, para que de esta forma se puedan establecer los impactos más representativos y así determinar las medidas de manejo necesarias para prevenir, mitigar, corregir o, si es el caso, compensar los impactos generados por cada una de las actividades del proyecto.

**11.3.1. Aspectos Metodológicos:** La evaluación ambiental del proyecto se realiza tanto para el área de influencia directa como indirecta y comprende un proceso de análisis, síntesis, identificación, valoración y

evaluación. Se identifican las actividades que se desarrollan actualmente en la zona y que ejercen influencia sobre los componentes y elementos del sistema. Posteriormente se definen las acciones del proyecto que pueden afectar los elementos del entorno.

A partir de la caracterización ambiental, se definen los componentes y elementos ambientales sobre los cuales se produce el impacto ambiental. Para cada uno de los componentes se establece la alteración que se está dando por actividades antrópicas y naturales, y cuales se darían por las actividades del proyecto.

Para evaluar el grado de severidad de cada impacto se consideran la magnitud, extensión, duración y reversibilidad de sus efectos. Esta medida junto con la probabilidad de ocurrencia del impacto, define la significancia relativa (Significancia = Severidad X Probabilidad)

**Cuadro 12. Significancia de los impactos ambientales.**

M: Magnitud	E: Extensión	D: Duración	R: Reversible.	S: Severidad	P: Probabilidad
1: Bajo	1: Puntual	1: < 1 mes	1: < 1 año	$\Sigma(M+E+D+R)$	1: Remoto
2: Medio	2: Parcial	2: 1-12 meses	2: 1-5 años		5: Ocasional
4: Alto	4: Extenso	3: 1-5 años	4: > 5 años		10: Frecuente
8: Muy Alto		4: > 5 años			

En la calificación de la significancia de los impactos ambientales, se usan los siguientes criterios:

- Alta: altas concentraciones de cargas contaminantes que exigen medidas especiales para su eliminación o mitigación. Mayor de 70 puntos
- Media: concentraciones de cargas contaminantes que quizá se podrían reducir con prácticas de reutilización o reciclaje de los residuos o contaminantes. Entre 25 y 70 puntos
- Baja: impactos menores que se podrían eliminar con simples cambios en la operación. Menor de 25 puntos

**11.3.2. Actividades de desarrollo.** Actualmente, en el área de influencia tanto directa como indirecta del sitio donde se desarrollará el proyecto de extracción, las actividades que se llevan a cabo son variadas generando diferentes problemas ambientales que se originan tanto en procesos naturales como antrópicos.

**11.3.3. Identificación de las actividades generadoras de impactos.** A partir de un análisis general del desarrollo de las actividades del proyecto en mención, se han identificado las siguientes actividades como generadoras de impacto: extracción de la materia prima (roca), operación

de maquinarias, transporte, limpieza, contacto con el polvillo y arborización.

**11.3.4. Inventario de impactos potenciales.** En el cuadro 13 se han registrado todos los impactos ambientales que podría generar el proyecto aquí expuesto. En este sentido los efectos generados por dichos impactos se analizan y se evalúan para tomar las medidas de prevención o mitigación pertinente como una adición en el diseño tecnológico y/o como una actividad del plan de manejo ambiental.

**11.3.5. Significancia de los efectos ambientales.** En el cuadro 14 se hace un análisis de significancia de los distintos efectos ambientales identificados con el desarrollo del proyecto.

**11.3.6. Manejo de los impactos ambientales.** Dado el carácter temporal de las actividades de recuperación, la probabilidad de ocurrencia ocasional y la reversibilidad de los efectos se puede pensar en que el proyecto en términos generales presenta una significancia baja. En el cuadro 15 se resume el manejo ambiental que se daría para atender los impactos ambientales de mediana y baja significancia.



### Cuadro 13. Identificación de impactos ambientales potenciales del proyecto.

		ASPECTOS BIOFÍSICOS					ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS	
ACTIVIDADES	ASPECTOS AMBIENTALES	Atmosférico	Suelo	Hídrico	Ecosistémico	Paisajístico	Socioeconómico	
	Extracción de la materia prima							
Operación de maquinarias		X	X	X	X	X		
Transporte		X	X	X	X			
Contacto con el polvillo		X	X	X	X	X	X	
Limpieza		X	X	X	X	X	X	
Arbolización		X				X	X	

### Cuadro 14. Análisis de significancia de los efectos ambientales.

IMPACTO	ORIGEN	M	E	D	R	S	P	SIGN	CALIF
Disposición de materiales (rocas)	Extracción de material deteriorado	1	1	1	1	4	5	20	Baja
Producción de ruido	Excavaciones, movimientos de material y disposición Vehículos	2	1	1	1	5	10	50	Media
<b>Generación de residuos</b>	Transporte de materiales Disposición de materiales	2	1	1	1	5	5	25	Media
Derrame de grasas y aceites	Funcionamiento y mantenimiento de equipos	1	1	1	1	4	5	20	Baja
Producción de humo (Hidrocarburos volátiles)	Motores de vehículos y maquinarias (Exosto)	1	1	1	1	4	10	40	Media
Residuos sólidos: chatarra, trapos	Actividades de mantenimiento de los equipos	1	1	1	1	4	5	20	Baja
Congestión vehicular	Transporte de materiales y maquinarias	2	1	1	1	5	5	25	Media
Accidentalidad	Transporte de materiales Operación de maquinarias	1	1	1	1	4	5	20	Baja
Quebrantos de salud del trabajador	Contacto permanente con el polvillo	2	1	1	1	5	10	50	Media
Deterioro de infraestructuras	Transporte de materiales y Operación de maquinarias	1	1	1	1	4	5	20	Baja

**Cuadro 15. Manejo de los impactos ambientales.**

<b>IMPACTO</b>	<b>CALIF</b>	<b>MANEJO AMBIENTAL</b>
Disposición de materiales(rocas)	Media	Control en la disposición de las rocas, delimitar áreas de disposición y acopio
Producción de ruido	Media	Control de ruido. Decreto 948 del 5 de Junio de 1995
<b>Generación de residuos</b>	Media	Manejo adecuado de residuos. Selección, reciclaje y disposición
Derrame de grasas y aceites	Baja	Disposición adecuada de aceites usados
Producción de humo (Hidrocarburos volátiles)	Media	Exigir licencia de emisiones atmosféricas
Residuos sólidos: chatarra, trapos	Baja	Controlar el manejo adecuado de residuos
Congestión vehicular	Media	Señalización
Accidentalidad	Baja	Aplicar el sistema de seguridad industrial y salud ocupacional
Quebrantos e salud del trabajador	Media	Bajar y controlar los niveles de contaminantes
Deterioro de infraestructuras	Baja	Restablecer las infraestructuras deterioradas

#### **11.4. EFECTOS AMBIENTALES DEL PROYECTO.**

Los efectos ambientales de las actividades del proyecto, son bajas y medias. En términos generales estos resultados conducen a considerar que las actividades del proyecto no provocan mayores alteraciones al entorno y se justifica en la medida que se garantice la estabilidad de la línea montañosa de Turbaco.

De acuerdo con la evaluación realizada sobre los efectos ambientales que pueden ser generados o incrementados por la realización del proyecto, se realiza un análisis para definir las principales acciones del Plan de

Manejo Ambiental. De acuerdo con lo anterior, es necesario implementar medidas de manejo de tipo preventivo para lograr disminuir los impactos directos y disminuir la probabilidad de ocurrencia de los indirectos.

Puede observarse que las acciones que presentan mayor interacción con el ambiente local en la zona del proyecto son:

Extracción de la materia prima (roca), disposición del material, excavaciones, movimientos de material, transporte de materiales, funcionamiento y mantenimiento de equipos, la actividad de los motores de vehículos y maquinarias (Exosto), actividades de mantenimiento de los equipos, transporte de materiales y maquinarias, Además del contacto con el agente contaminante. Igualmente puede concluirse que los principales impactos, son: disposición de escombros y materiales (rocas), producción de ruido, el derrame de grasas y aceites, la producción de humo (Hidrocarburos volátiles), los residuos sólidos: chatarra, trapos, la congestión vehicular, la accidentalidad y el deterioro de infraestructuras y los quebrantos de salud del trabajador.

De acuerdo con la metodología propuesta para calificar la significancia de los efectos del proyecto se puede observar que los impactos son de influencia puntual y directa en su totalidad, y de baja a mediana magnitud. Esto significa que serían perceptibles principalmente dentro

del área de la planta de producción. Dadas las condiciones actuales y la asignación de uso de la zona, durante la realización del proyecto el efecto sobre el paisaje puede considerarse bajo.

### **11.5. PLAN DE MANEJO AMBIENTAL.**

El presente Plan de Manejo Ambiental (PMA) ha sido concebido para atender los impactos que se generen con la puesta en marcha del proyecto. El fundamento legal del PMA se encuentra en la Ley 99 de 1993 que ordena su inclusión dentro de los Estudios de Impacto Ambiental y el Decreto reglamentario No. 1753 de 1994, el cual establece su alcance.

El Plan de Manejo Ambiental (PMA) busca ordenar las respuestas de manejo a los diferentes impactos identificados de acuerdo con la importancia calificada en la evaluación, considerando medidas preventivas, de mitigación, correctivas y compensatorias. El propósito del PMA, es orientar las acciones del proyecto en el cumplimiento de las recomendaciones ambientales establecidas y cumplir con las aspiraciones de la sociedad de no ver afectado su bienestar, apelando a consideraciones de orden técnico y social o a las normas generales y específicas de la legislación ambiental.

Como principal línea de manejo de todo el trabajo a realizar se hace énfasis en el carácter continuo de todos los programas relacionados para obtener como resultados principales, en primer lugar una cultura de trabajo hacia la calidad y una conciencia ambiental y de seguridad; en segundo lugar el cumplimiento de las diferentes reglamentaciones de las entidades relacionadas con el manejo del medio ambiente y la divulgación de esfuerzos y progresos.

El PMA propuesto está referido a cinco (5) frentes de acción o programas, a saber:

- a) Programa de Gestión Social
- b) Programa de control de emisiones
- c) Programa de Manejo y Disposición de materiales
- d) Programa de Seguimiento ambiental
- e) Programa de monitoreo ambiental

El PMA se ha diseñado con base en el cumplimiento de las siguientes características básicas:

- Que sea eficaz en proveer soluciones a los posibles problemas ambientales que se puedan presentar.

- Que sea pertinente a los problemas reales que se derivan de la extracción, separación y recolección del polvillo.
- Que sea factible dentro de las condiciones técnicas y económicas
- Que facilite su seguimiento por parte de la dirección de la empresa y de las autoridades ambientales.

**11.5.1. Programa de Gestión Social.** Este programa tiene previsto adelantar acciones tendientes a:

- Dar información del proyecto y sus impactos a los habitantes de las casas ubicadas al frente y a los alrededores de la empresa.
- Dar inducción y sensibilización al personal que se vincule como mano de obra al proyecto.
- Propender por la Salud ocupacional y Seguridad Industrial: desarrollo de las directrices establecidas por la empresa.
- Establecer mecanismos para el manejo de posibles afectaciones a terceros e infraestructuras.

**11.5.1.1. Información y comunicación sobre el sistema de extracción, separación y recolección del polvillo.** Una operación como el proyecto planteado se encuentra inmerso dentro de un conjunto de actividades de índole diversa en la zona de influencia directa e indirecta, en este sentido

necesita llegar a la comunidad que habita en la zona para informarles sobre las condiciones particulares de la obra.

**Cuadro 16. Actividades de información.**

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>FRECUENCIA</b>
Visitas informativas a los vecinos del proyecto	Antes del inicio de operaciones
Señalización informativa	Permanente

**11.5.1.2. Inducción y sensibilidad al personal vinculado.** El éxito en la gestión ambiental del proyecto recae en buena parte en el grado de compromiso que adquiera el personal vinculado a las actividades de la empresa, quienes hacen parte del presente Plan de Manejo Ambiental. Por ello es necesario buscar su concientización y competencia, e involucrados en la formulación de los planes y las soluciones.

**Cuadro 17. Inducción.**

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>FRECUENCIA</b>
Charlas de sensibilización ambiental al personal do	Periódicamente
Inducción sobre el Plan de Manejo Ambiental.	Periódicamente

**11.5.1.3. Salud ocupacional y seguridad industrial.** Este proyecto establece como acciones prioritarias las pertinentes a las normas de seguridad industrial para prevenir accidentes y garantizar la salud de los funcionarios.

**Cuadro 18. Salud y seguridad.**

ACTIVIDAD	FRECUENCIA
Medicina preventiva, del trabajo, higiene industrial y seguridad industrial	Permanente
Panoramas de riesgos	Periódico

**11.5.1.4. Afectación a terceros e infraestructura.** Este proyecto se dirige especialmente a la seguridad de todas las personas o construcciones que de una u otra forma podrían ser afectadas por las actividades obtenidas del montaje y puesta en marcha del sistema. Las acciones de este proyecto están dirigidas a fortalecer la divulgación del proyecto y el conocimiento de las medidas de prevención de accidentes y observación de las normas de señalización. Igualmente en el marco de este proyecto se deben ejecutar acciones para restauración de infraestructuras afectadas y conservación de aquellas de valor cultural, arquitectónico y de desarrollo.



**Cuadro 19. Afectación a terceros.**

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>FRECUENCIA</b>
Difusión de medidas preventivas	Permanente
Reconstrucción de infraestructuras afectadas	Según la afectación

**11.5.2. Programa de Control de Emisiones.** El principal potencial de emisiones atmosféricas realizadas por el sistema lo constituye la emisión del polvillo y la producción de ruido. El manejo de las emisiones del smoke y del polvillo se realizan a niveles de cada uno de los vehículos y las trituradoras que posee la empresa.

En cuanto al ruido los niveles en el área de la obra se mantiene en niveles normales (85 a 88 decibeles), dado el carácter abierto de las instalaciones.

**11.5.2.1. Manejo de emisiones.** En la evaluación de impactos ambientales se estableció que la generación de gases de combustión y emisiones del polvillo con la ayuda del sistema no era un impacto significativo, en razón de la que las actividades se realizan en espacio abierto, los volúmenes de contaminante.

**Cuadro 20. Manejo de emisiones.**

ACTIVIDAD	FRECUENCIA
Supervisión de los sistemas de control de emisiones de las maquinarias y vehículos.	Permanente

**11.5.3. Programa De Manejo y Disposición de materiales.** Los materiales que se generan y utilizan en una operación como la extracción del polvillo, son rocas de diferentes tamaños y pesos muy variados en su composición y su origen. Ante todo es necesario proceder al control, manejo y disposición apropiada.

**11.5.3.1. Manejo de materiales.** La actividad de la extracción de la materia prima genera materiales producto de la remoción de la protección existente y de la excavación y perfilación del nuevo fondo. Este material será reutilizado para la obtención del polvillo mediante la trituración.

El nuevo material a utilizar en la empresa será dispuesto adecuadamente para evitar impactos negativos sobre los ecosistemas y evitar en lo posible el deterioro del paisaje de sus áreas vecinas.

**Cuadro 21. Manejo de materiales.**

ACTIVIDAD	FRECUENCIA
Entrenamiento a empleados y contratistas sobre disposición y reutilización de materiales.	Instrucción permanente
Disposición confinada del nuevo material (rocas)	Permanente

**11.5.4. Programa de seguimiento ambiental.** Los compromisos del PMA se integrarán a las actividades del proyecto y serán de obligatorio cumplimiento. Será responsabilidad de la empresa CORPISOS S.A. cumplir y hacer cumplir con lo establecido en este plan. Los reclamos por daños o efectos causados al medio ambiente o a las personas y las propiedades serán a su cargo cuando no se observen las medidas del Plan. Para el caso de la extracción de rocas y del polvillo en si, deben tenerse en cuenta los diferentes tipos de riesgos que estas actividades puedan causar si no se observan los controles necesarios.

En la práctica podrá esperarse contingencias por operaciones defectuosas o por accidentes de terceros, o personal vinculado a las obras. El plan de manejo de emergencias establecido por los autores del proyecto, se

deberá conocer previamente para planificar convenientemente las operaciones.

Es esencial mantener comunicaciones con todas las instituciones de socorro correspondientes. En general siempre que ocurra un accidente o un evento desfavorable, quien lo detecte deberá dar aviso para iniciar acciones de control e informará al Jefe de seguridad quien se pondrá al frente de la situación.

El Programa de seguimiento consiste en observaciones e información del cumplimiento de las diferentes actividades y compromisos previstas en el PMA y en las normas ambientales.

Básicamente cubre los siguientes aspectos:

- Verificación del cumplimiento de la estrategia de capacitación e información.
- Verificación del cumplimiento del PMA como Política ambiental.
- Verificación del cumplimiento de los programas y proyectos del PMA

Dentro de este programa la empresa CORPISOS S.A. se compromete a realizar una interventoría Ambiental que tendrá como función controlar el cumplimiento de las actividades previstas en el PMA, mediante un Plan de Trabajo que se acordará entre la empresa y la autoridad ambiental.

Inicialmente se comprometerá con la entrega de informes de seguimiento de todo el plan de manejo junto con la ficha técnica ambiental.

**11.5.5. Programa de monitoreo ambiental.** El programa de monitoreo se ha diseñado con base en la importancia ambiental de cada uno de los impactos potenciales, de acuerdo con la evaluación realizada y presenta una serie de indicadores de cumplimiento, para definir la eficiencia y eficacia del plan de Manejo Ambiental.

**Cuadro 22. Programa de gestión social.**

PROYECTO	ACTIVIDAD	FRECUENCIA	INDICADOR
Información y comunicación de la recuperación de las estructuras de protección costera	Visitas informativas a los vecinos del proyecto	Antes del inicio de operaciones	Número de personas visitadas
	Señalización informativa	Permanente	Número de accidentes registrados por problemas de señalización.
	Charlas de sensibilización ambiental al personal de la obra	Antes del inicio de operaciones	Número de personas capacitadas
Inducción y sensibilización al personal vinculado	Entrevistas de inducción y de evaluación de conocimientos del Plan de Manejo Ambiental.	Periódicamente	Número de inducciones y evaluaciones realizadas
	Medicina preventiva, del trabajo, higiene industrial y seguridad industrial	Permanente	Número de personas registradas como enfermas Número de baños ecológicos dispuestos Número de personas que utilizan todo el equipo reglamentario
Salud ocupacional y seguridad industrial	Panoramas de riesgos	Periódico	Número y tipo de accidentes registrados
	Difusión de medidas preventivas	Permanente	Número de accidentes a terceros
	Reconstrucción de infraestructuras afectadas	Según la afectación	Estado de las vías

**Cuadro 23. Programa de control de emisiones.**

PROYECTO	ACTIVIDAD	FRECUENCIA	INDICADOR
Manejo de emisiones	Supervisión de los sistemas de control de emisiones en las maquinarias y vehículos.	Permanente	Número de vehículos con equipo de control de emisiones Calidad de las emisiones de las maquinarias

### Cuadro 24. Programa de manejo y disposición de materia prima.

PROYECTO	ACTIVIDAD	FRECUENCIA	INDICADOR
Manejo de materiales	Entrenamiento a empleados y contratistas sobre reutilización de materiales	Instrucción permanente	Número de personas capacitadas Volumen de material reutilizado

## 11.6. SEGURIDAD INDUSTRIAL.

**11.6.1. Plan de contingencias.** El Plan de Contingencias es una de las condiciones para el éxito de las operaciones de un siniestro, ya que la improvisación y la falta de información harán muy difícil la toma de decisiones adecuadas. Por lo tanto se requiere la adopción de políticas y programas orientados a disminuir la incidencia de los riesgos que puedan amenazar a la población que en forma permanente u ocasional desarrolle actividades, a los sistemas, al medio ambiente, y en general, a todos los servicios que preste la empresa.

El Plan de Contingencias suele confundirse como un plan de prevención, pero es un plan de atención inmediata ante eventualidades de accidentes o emergencias propias de actividades como las que desarrolla la empresa.

En caso de producirse algún evento de riesgo, la empresa debe estar preparada para asumir las lesiones, pérdidas o trauma al normal funcionamiento de la organización y eventualmente daños a los ecosistemas. La experiencia en instalaciones de empresas de actividad similar, ha determinado la necesidad de establecer una herramienta institucional de respuesta rápida estructurada como "Plan de emergencias".

**11.6.2. Plan de Emergencias.** El propósito que se pretende alcanzar con el presente Plan, es proporcionar a la empresa CORPISOS S.A., una herramienta de planificación, que les permita diseñar de una manera uniforme y racional, una estructura de respuesta a los siniestros que puedan ocurrir, que tenga las mayores posibilidades de éxito, medido en función del mínimo impacto que puedan tener sobre los empleados, equipos y el medio ambiente en general.

Este plan contiene la estructura, funciones y procedimientos para mitigar y preparar la respuesta de la empresa ante una emergencia. La exigencia en el cumplimiento de las normas de evacuación y seguridad se extiende a los contratistas.



El desarrollo del procedimiento del Plan de Emergencias, establece como herramienta la forma adecuada para responder ante la presentación de un evento de emergencia, originado por factores de riesgo internos o externos que pueden afectar el funcionamiento normal de la empresa. El plan establece una estructura organizacional administrativa y operativa encargada de la respuesta al mismo, procedimientos para la actuación dependiendo del tipo de emergencia, recursos disponibles en el ámbito interno y externo.

**11.6.3. Marco Normativo.** La elaboración del Plan de Emergencia y Evacuación para la empresa CORPISOS S.A. obedece al cumplimiento de las directrices del Gobierno Nacional, encaminadas a garantizar la protección de la población laboral Colombiana plasmadas en las siguientes normas:

- ◆ Resolución 1016 de 1989.
- ◆ Decreto - Ley 1295 de 1994.
- ◆ Decreto 919 de 1989.
- ◆ Resolución 2400 de 1979.

El procedimiento se encamina a presentar las actividades a realizar y los procedimientos a seguir, en situaciones de emergencia como: Incendio, Sismos, riesgo de explosión, derrames de hidrocarburos (ACPM) y exposición a altas concentraciones de contaminante (polvillo).

### **11.6.3.1. Incendios.**

- Toque de alarma 2 pitadas largas y una corta
- Ubicación del área de incendio
- Dar aviso a los cuerpos de socorro
- Evacuación del personal
- Identificación de áreas de riesgo
- Tener la dotación adecuada
- No intentar apagar el fuego una sola persona
- No dejarse envolver por el humo
- No permitir el tránsito a personas ajenas al plan de contingencia
- No poner en juego la vida
- Tomar evidencias del posible causante.

### **11.6.3.2. SISMOS O DERRUMBES DE TIERRA.**

- Toque de la alarma 3 pitadas cortas
- Ubicación del área del derrumbe
- Dar avisos a los cuerpos de socorro
- Evacuación del personal
- Revisar minuciosamente el área por un posible segundo derrumbe
- Llevar la maquinaria pesada al área del siniestro

- Si fue por un movimiento de tierra (temblor), esperar que este pase por completo y después sí, iniciar labores de rescate

#### **11.6.3.3. Explosiones.**

- Toque de la alarma 2 pitadas largas
- Evacuación del personal y llamar a los grupos de socorro
- Identificación del área de la explosión
- Dar aviso a los cuerpos de socorro
- Tener la dotación adecuada
- No poner en juego su vida
- Ubicar los sitios de mayor riesgo
- En caso de sospecha de un atentado, se debe esperar el concepto de expertos que determinen el riesgo de una segunda bomba.

#### **11.6.3.4. Derrame de hidrocarburos (ACPM)**

- Toque de la alarma 3 pitadas largas
- Evacuación del personal
- Identificación del área del derrame y ubicar los sitios de mayor riesgo
- Dotación adecuada para el personal

- Cerrar válvulas principales de llenado o suministro
- Apagar cualquier elemento que pueda iniciar un incendio
- No permitir el acceso de personal autorizado para el siniestro
- Cubrir el área con arena o tierra en el menor tiempo posible
- En el caso de producción de gases utilizar mascarillas
- Llevar el producto de desecho a un lugar adecuado
- Recoger muestras de suelo
- Determinar el volumen derramado.

#### **11.6.3.5. Exposiciones a altas concentraciones de contaminante (polvillo)**

- Toque de la alarma 2 pitadas cortas
- Ubicar el área de exposición
- Dar aviso a los cuerpos de socorro
- Utilizar mascarillas y evacuación del personal
- Apagar el sistema de extracción
- Dar ventilación al lugar
- Determinar el grado de contaminación

## **12. PRODUCTOS ELABORADOS CON EL POLVILLO.**

### **12.1. PRODUCTOS.**

Son diversos elementos útiles para la decoración interior, exterior, de piscinas y uso doméstico; fabricados artesanalmente en piedra coralina, tales como: molduras, cenefas, capiteles, columnas, rompeolas para piscina y peldaños, fuentes, portones, bases para mesas, bancas para jardín, apliques para baños y lámparas, vasijas, macetas, ceniceros, portalápices, portapapeles, fruteros, relojes, baldosas y otros productos según pedido.

### **12.2. APLICACIÓN.**

Sus baldosas, pisos, coralinas y retales, pueden ser instalados para el recubrimiento de áreas interiores de vivienda, edificios, centros comerciales, terrazas, piscinas, parques, jardineras, etc. Los formatos tipo baldosa en piedra coralina embellecen y protegen fachadas de casas,

edificios y construcciones de cualquier tipo. Por la variedad de los diseños en sus combinaciones las posibilidades son ilimitadas.

De acuerdo con su resistencia, textura, colores y variados diseños, las baldosas y los pisos son preferidos en obras que tendrán alto tráfico peatonal; las tabletas de piedra coralina, son óptimas para pisos, fachadas exteriores, enchapes interiores, terrazas y áreas de piscina, ya que por su composición química y color, poseen la propiedad de conservar una baja temperatura en clima cálido; su aplicación no es muy compleja, sin embargo se recomienda la instalación técnica del producto.

Otros de sus productos elaborados en piedra coralina tales como fuentes, apliques de luz, molduras, zócalos y demás, pueden ser aplicados indistintamente a la decoración de espacios para dar un excelente toque de tipo rústico y colonial.

## CONCLUSIONES.

En el diseño del sistema de extracción, separación y recolección del polvillo de piedras trituradas, se hizo necesario sobre diseñar ciertos elementos, con el fin de amoldarlos a las geometrías del diseño, en el momento del montaje, puesto que los cálculos son el reflejo de lo ideal y el montaje lo es de lo real.

Mediante los resultados del estudio económico, se pudo observar que al hacer uso del sistema en general, los costos de producción disminuyeron, generándole a la empresa, una mayor rentabilidad.

Analizados los diferentes efectos que podría causar la puesta en marcha del proyecto o sistema, se concluye que, teniendo en cuenta que se trabajará en un medio intervenido el impacto ambiental esta representado en su mayor grado por las emisiones atmosféricas (del polvillo) y la producción de ruido, los cuales afectan la salud física del trabajador.

Dada que las actividades del sistema o proyecto son de probabilidad ocasional, todos los efectos ambientales deben ser totalmente prevenidos, controlados, mitigados y compensados con un eficiente y efectivo plan de manejo ambiental.

## RECOMENDACIONES

Después del diseño y la construcción del sistema de extracción, separación y recolección del polvillo, se observaron varias anomalías en su funcionamiento; como fue el caso de las vibraciones del motor y que a su vez fueron transmitidas a la base del ventilador, para corregir estas vibraciones se recomienda colocarle entre el motor y su base, entre el ventilador y su base, unos empaque de caucho, para que estos absorban las vibraciones que se presenten.

Como la tubería de succión queda flotante,(ajustada al techo por medio de soportes) se sugiere reforzar los soportes o mejor aún, llevar la tubería por donde se encuentren paredes y/o vigas de concreto, para así vibre menos esta tubería.

Si se desea subir el nivel de la tubería flotante, se puede hacer teniendo en cuenta el peso de esta y lógicamente sus soportes.



## **BIBLIOGRAFIA.**

AVALLONA, Eugene and BAUMEISTER III. Manual del Ingeniero Mecánico. 9 Ed. México: Mc Graw-Hill,1995. Volumen 1.

CARDIQUE – CIOH. Caracterización y Diagnósticos Ambientales. Informa final. Convenio de cooperación CIOH – CARDIQUE. 1998.

FAIRES, Moring. Diseño de Elementos de Máquinas. Barcelona: UTEMA noriega, 1993. Pág. 576 - 602.

REENE, Richard W. Compresores, selección, uso y mantenimiento. Mc México: Graw-Hill, 1989. Pág. 259 – 276.

QUINCHIA HERNANDEZ, Rigoberto, PUERTA SEPULVERA, Jorge. Ventilación Industrial.1Ed. Medellín: Litografía Dinámica,1988. Pág. 8 – 192.

CRANE. FLUJO DE FLUIDOS en válvulas, accesorios y tuberías. México: Mc graw-Hill, 1989. Pág. 80 –92.

IDEADE, CARTAGENA AMBIENTE Y DESARROLLO. Formulación de lineamientos de Gestión Ambiental para el Distrito de Cartagena. Seminario-Taller OEA – Universidad Javeriana – Alcaldía Mayor de Cartagena. Memorias. Cartagena 1995.

LOGO, A.E. y G.L. MORRIS, Los Sistemas Ecológicos y la humanidad. Secretaría General de la OEA. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washington D. C.

VARELA V., Rodrigo. Evaluación Económica de Inversiones. Colombia: Norma, 1996. Pág. 177 –215.

SANCHEZ TRIANA, Ernesto. Licencias Ambientales: Evaluación de Impacto Ambiental, Instrumento de Planificación. TM editores. Colombia. Pág. 215 –264.

TAMAYO Y TAMAYO, Mario. El Proceso de la Investigación Científica. Tercera edición. México: LIMUSA. 1990.

W.C. L., Hemeon. Plant and process ventilation. 2 Ed. U.S.A.: Press inc. 1963. Pág. 325 – 394.

WOODS OF COLCHESTER LIMITED. Guía Práctica de la Ventilación. España: Blume. 1970. Pág. 59 – 71.

# ANEXOS

