



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción

“Diseño, Selección y Montaje de una Planta de Secado y
Molienda de Puzolana”

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN
(PROYECTO DE GRADUACIÓN)

Previo a la obtención de Título de:

INGENIEROS MECÁNICOS

Presentada por:

Karen Lilibeth Carbo Guamán
Gabriel Manuel Mogollón Tagle

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2015

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haberme dado unos Padres Carlos y Mery maravillosos que me apoyaron en cada instante y que estuvieron atrás mío para que no decaiga nunca, por ser siempre mi guía y ejemplo a seguir.

A mi esposo por ser mi soporte mi compañero por estar ahí siempre que lo necesite.

A mi hija por ser mi inspiración para poder culminar con éxito esta etapa de mi vida.

Gracias a todos ellos puedo lograr este éxito que no es solo mío sino de todos los que estuvieron ahí ayudándome y apoyándome incondicionalmente.

Karen Carbo Guamán

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por brindarme la vida y tener la maravillosa dicha de tener a mis Padres Edgar y Mayra como pilares fundamentales de la persona que hoy en día soy.

A mi esposa por ser mi apoyo incondicional y motivación a mejorar día a día.

A mis hermanos, familia y amigos por ser fuente de empuje constante para ayudarme a obtener mis metas y culminar esta etapa.

A todas aquellas personas que de alguna manera contribuyeron en el desarrollo de este trabajo.

Gabriel Mogollón Tagle

DEDICATORIA

Este logro alcanzado se lo dedico a mis Padres Carlos Carbo y Mery Guamán por ser quienes con su esfuerzo y dedicación me dieron lo que mejor me pudieron dar, lo cual para mí, fue un apoyo incondicional de su parte, por esta razón les dedico este trabajo.

Karen Carbo Guamán

DEDICATORIA

Este logro se lo dedico a Dios por mostrarnos día a día que con humildad, paciencia y sabiduría todo es posible, a mis padres y hermanos quienes con su amor, apoyo y comprensión incondicional estuvieron siempre a lo largo de nuestra vida estudiantil y profesional; a ellos que siempre tuvieron una palabra de alientos en los momentos difíciles y que han sido incentivos de mi vida.

Gabriel Mogollón Tagle

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Ing. Jorge Duque R.
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE

Ing. Ernesto Martínez L.
DIRECTOR DEL TFG

Ing. Gonzalo Zabala O.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de este Trabajo Final de Graduación, nos corresponde exclusivamente, y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

Karen Lilibeth Carbo Guamán

Gabriel Manuel Mogollón Tagle

RESUMEN

Al observar la demanda creciente de cemento en el área de la construcción dentro del país, se ve la necesidad de obtener sus componentes a más bajos costos. La puzolana, el yeso y la caliza son los elementos principales para la fabricación del cemento, dentro del Ecuador la puzolana es un material que se encuentra en abundancia en la región central del país.

En el presente Proyecto de Grado “Diseño, Selección y Montaje de una Planta de Secado y Molienda de Puzolana”, se presenta los requerimientos necesarios para la realización de un proyecto de este tipo, empezando con el análisis del problema y con la realización de la ingeniería del proyecto, así como los cronogramas y cotizaciones de los equipos.

Primero se analiza las necesidades, luego se elabora un bosquejo general, se procede con el diseño y selección de los componentes, también se realiza un presupuesto con el costo final del proyecto y posteriormente se procede a la realización del montaje de la planta.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	ii
ÍNDICE GENERAL.....	iii
ABREVIATURAS.....	vi
SIMBOLOGÍA.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE PLANOS.....	xiv
ANEXOS.....	275
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1	
1. ANÁLISIS DEL PROBLEMA.....	4
1.1. Identificación de las necesidades.	11
1.2. Requerimientos generales del Diseño.....	15
1.3. Diagrama de proceso.....	17
1.4. Balance de masa.....	29
CAPÍTULO 2	
2. DISEÑO DE LA PLANTA.....	37

2.1. LAY OUT propuesto.....	38
2.2. Determinación de equipos propuestos.....	55
2.3. Cálculo y Dimensionamiento de la Planta.....	67
2.4. Cálculo y Dimensionamiento de la Estructura principal.....	70
2.5. Cálculo y Dimensionamiento del Sistema de Almacenamiento....	90
2.6. Cálculo y Dimensionamiento del Sistema de Desempolvado...	142
2.7. Selección del Sistema de Secado.....	165
2.8. Selección del Sistema de Trituración.....	169
2.9. Selección del Sistema de Clasificación.....	179
2.10. Selección de los componentes mecánicos en función de los datos obtenidos.....	182

CAPÍTULO 3

3. MONTAJE DE LA PLANTA.....	188
3.1. Cronograma de la Construcción y Montaje de la Obra	188
3.2. Materiales y equipos utilizados.....	192
3.3. Breve descripción de los trabajos realizados.....	193
3.4. Lecciones Aprendidas del Montaje.....	204

CAPÍTULO 4

4. ANÁLISIS DE COSTOS	223
-----------------------------	-----

4.1. Análisis de Costos para el diseño, montaje y construcción de la planta.	226
4.2. Determinación del costo de la oferta.....	267

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	272
--	-----

APÉNDICES

BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

AISC	American Institute of Steel Construction
CEC	Código Ecuatoriano de la Construcción.
ASCE	American Society of Civil Engineers
ASTM	International Standards Worldwide
CQC	Complete Quadratic Combination
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
Ca	Calcio
O	Oxígeno
Si	Silicio
Al	Aluminio
H ₂ O	Agua
g	Gramo
Kg	Kilogramo
cm ³	Centímetro cúbico
m ²	Metro Cuadrado
m ³	Metro cúbico
mm	Milímetro
m	Metros
psi	presión en libra sobre pulgada cuadrada
Pul	Pulgadas
MPa	Mega Pascales
TPH	Toneladas por hora
t	Toneladas
°C	Grados Centígrados
°	Angulo de inclinación
h	Hora
kW	Kilowatts
seg	Segundo
m.s.n.m	Metros sobre el nivel del mar
TE	Tolva existente
BD1	Banda Dosificadora 1
BT1	Banda Transportadora 1
BT2	Banda Transportadora 2
SEC	Secador – Quemador
EC1	Elevador de Canguilones
CV1	Criba vibratoria
TLR	Tolva de Rechazo
TR1	Trituradora
SL1	Silo de Almacenamiento
BD2	Banda dosificadora 2
FM1	Filtro de Mangas del Secador

FM2	Filtro de Mangas del Molienda
CC	De centro a centro
COL	Columna
Glb.	Global
ml.	Metros lineales
Un.	Unidad
CIF	Cost, Insurance and Freight
FOB	Free On Board

SIMBOLOGÍAS

Z	Factor de la zona sísmica
S	Factor para tipo de suelo
I	Factor de importancia
R	Coefficiente de reducción inelástica
θ	Derivas inelásticas
δ :	Desplazamiento relativo
ρ	Densidad
w	Carga
s	Esfuerzo Unitario flexionante
a	Luz larga entre rigidizadores
b	Luz corta entre rigidizadores
t	Espesor de placa
Q	Caudal
P	Presión
V	velocidad
X	Distancia
A	Área
D	Diámetro
L	Longitud
C_0	Coefficiente de pérdidas
K_f	Factor de pérdida de accesorios

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1 Granulometría Puzolana.	9
Figura 1.2 Diseño De Forma Del Proceso De Secado Y Molienda De Puzolana.	15
Figura 1.3 Diseño De Forma Del Proceso De Secado Y Molienda De Puzolana.	19
Figura 1.4 Secador	22
Figura 1.5 Esquema De La Banda Porta Cangilones	25
Figura 1.6 Capacidades De Equipos De Secado De Puzolana	35
Figura 1.7 Capacidades De Equipos De Molienda De Puzolana	35
Figura 1.8 Gráfica Capacidades De Equipos	36
Figura 2.1 Área Para El Proyecto	39
Figura 2.2 Sistema Secado De Puzolana	40
Figura 2.3 Tolva Existente	41
Figura 2.4 Sistema De Molienda De Puzolana	42
Figura 2.5 Área De Despacho	43
Figura 2.6 Plano De Secador – Quemador	44
Figura 2.7 Área Del Edificio Y Secador.	45
Figura 2.8 Área Del Silo De Almacenamiento	46
Figura 2.9 Área De La Criba Vibratoria	47
Figura 2.10 Área Del Elevador De Cangilones	48
Figura 2.11 Banda Dosificadora Bd-1	49
Figura 2.12 Banda Transportadora Bt-1	50
Figura 2.13 Banda Transportadora Bt2	51
Figura 2.14 Planta De Desempolvado (Filtro De Secador)	52
Figura 2.15 Banda Dosificadora Bd2 ¹	54
Figura 2.16 Layout De La Planta De Secado Y Molienda. ¹	55
Figura 2.17 Descripción Técnica De Banda Dosificadora Pfister	57
Figura 2.18 Banda Dosificadora Pfister	58
Figura 2.19 Banda Dosificadora Secado De Puzolana	59
Figura 2.20 Plano De Banda Transportadora Bt1	60
Figura 2.21 Descripción Técnica Banda Transportadora Bt1	61
Figura 2.22 Descripción Técnica De Filtro De Secado	63
Figura 2.23 Fotografía Del Filtro Del Secador	64
Figura 2.24 Descripción Técnica Del Elevador De Cangilones Aumund	66

Figura 2.25	Fotografía Del Elevador De Cangilones	67
Figura 2.26	Layout De La Planta De Secado Y Molienda	68
Figura 2.27	Vista Superior De Planta De Secado Y Molienda De Puzolana	69
Figura 2.28	Diagrama De Flujo De Molienda De Puzolana	71
Figura 2.29	Segundo Nivel +4.150	76
Figura 2.30	Tercer Nivel +8.610 Y Cuarto Nivel + 12.810	77
Figura 2.31	Quinto Nivel + 17.160 Y Sexto Nivel + 19.860	77
Figura 2.32	Octavo Nivel + 26.583 Y Noveno +31.930.	78
Figura 2.33	Vista Frontal Del Edificio De Molienda	79
Figura 2.34	Sismo Cec ¹⁰	83
Figura 2.35	Cargas Sísmicas En X Y Y ¹⁰	84
Figura 2.36	Cargas De Viento ¹⁰	85
Figura 2.37	Edificio En 3d ¹⁰	88
Figura 2.38	Tolvas E Influencias En Forma De Flujo	91
Figura 2.39	Diagrama De Esfuerzos En Placas	93
Figura 2.40	Filtro De Cartuchos	95
Figura 2.41	Filtro De Mangas	97
Figura 2.42	Diagrama General De La Instalación	101
Figura 2.43	Diseño Típico En La Entrada Del Filtro	102
Figura 2.44	Diseño Mejorado A La Entrada Del Filtro	105
Figura 2.45	Emisiones Capturadas/Fugitivas	113
Figura 2.46	Emisiones Capturadas/Fugitivas	114
Figura 2.47	Tipos De Campanas De Captura	115
Figura 2.48	Campanas En Bandas Transportadoras	118
Figura 2.49	Cambios De Presión En El Sistema	121
Figura 2.50	Pendiente En Ductos Para Caliza, Puzolana Y Cemento	126
Figura 2.51	Diseño De Ductos	127
Figura 2.52	Velocidad Constante En Ducto	138
Figura 2.53.	Elementos Mecánicos en un Colector de Polvo Pulse-Jet	143
Figura 2.54	Tipos De Textiles Para Mangas	146
Figura 2.55.	Número De Mangas Por Columna	149
Figura 2.56.	Canastillas Por Mangas	150
Figura 2.57	Fijación de Mangas Con Eje	151
Figura 2.58	Venturi Para Filtros De Mangas Pulse-Jet	152
Figura 2.59.	Atoramiento De Tolva	153
Figura 2.60.	Modificación De Tolva	154
Figura 2.61.	Transportador De Tornillo Sin Fin Continúo.	155

Figura 2.62. Diferentes Tipos De Válvulas De Salida	159
Figura 2.63 Granulometría De Puzolana.	172
Figura 2.64 Granulometría De Clinker.	172
Figura 2.65 Criba Vibratorio Con Repartidor Vibrante	180
Figura 3.1 Cronograma De Ejecución Del Proyecto.	190
Figura 3.2 Cronograma De Ejecución Del Proyecto	191
Figura 3.3.- Estado Inicial Del Proyecto	193
Figura 3.4.- Demolición De Cimentación Existentes	194
Figura 3.5. Excavación Completa Del Terreno, Hasta Cota De Desplante.	194
Figura 3.6. Relleno Con Material Pétreo > 4''	194
Figura 3.7 Montaje De Estructura Metálica Edificio Trituración.	195
Figura 3.8. Montaje De Estructura Metálica Edificio Trituración.	196
Figura 3.9. Armado De Filtro Desempolvado Del Secador	196
Figura 3.10. Montaje De Mangas Y Canastillas De Filtro Del Secador.	197
Figura 3.11. Filtro Desempolvado Secador Puzolana Scheuch	197
Figura 3.12. Esquema Secador-Filtro Puzolana Montaje	198
Figura. 3.13 Izaje Del Secador Puzolana 35 Tph	198
Figura. 3.14 Montaje De Resguardo Inferiores De Secador Puzolana	199
Figura. 3.15 Montaje De Tambor Del Secador De Puzolana	199
Figura. 3.16. Montaje De Secador De Puzolana	200
Figura. 3.17. Secador De Puzolana – Conexión Filtro Secador	200
Figura. 3.18. Trituradora De Impacto Mag Impact	201
Figura. 3.19 Montaje De Trituradora En Edificio, Con Sistema Motriz Lateral.	201
Figura 3.20 Montaje De Anillo Soporte Fijación Silo Puzolana Seca.	202
Figura 3.21. Izaje De Cono Y Anillo Soporte De Silo Puzolana Seca.	202
Figura. 3.22. Montaje Silo Puzolana Seca	203
Figura 3.23 Montaje De Elevador Puzolana – Alineación De Cuerpos	203
Figura 3.24 Montaje De Sistema Motriz Elevador De Cangilones De Cadena.	204
Figura 3.25 Estructura De Proceso Organizacional	206
Figura 3.26 Cronología Del Proyecto (Jul-Oct)	207
Figura 3.27 Cronología Del Proyecto (Nov-Feb)	207
Figura 3.28 Cronología Del Proyecto (Mar-May)	208
Figura 3.29 Lección Aprendida Ingeniería (1)	213
Figura 3.30 Lección Aprendida Ingeniería (2)	214
Figura 3.31 Lección Aprendida Ingeniería (3)	214

Figura 3.32 Lección Aprendida Ingeniería (4)	215
Figura 3.33 Lección Aprendida Ingeniería (5)	215
Figura 3.34 Lección Aprendida Procuración (1)	216
Figura 3.35 Lección Aprendida Procuración (2)	216
Figura 3.36 Lección Aprendida Procuración (3)	217
Figura 3.37 Lección Aprendida Procuración (4)	217
Figura 3.38 Lección Aprendida Construcción (1)	218
Figura 3.39 Lección Aprendida Construcción (2)	218
Figura 3.40 Lección Aprendida Construcción (3)	219
Figura 3.41 Lección Aprendida Construcción (4)	219
Figura 3.42 Lección Aprendida Administración (1)	220
Figura 3.43 Lección Aprendida Administración (2)	220
Figura 3.44 Lección Aprendida Administración (3)	221
Figura 3.45 Lección Aprendida Administración (4)	221
Figura 3.46 Lección Aprendida Administración (5)	222
Figura. 4.1 Sistema De Secador De Puzolana	226
Figura 4.2 Sistema De Molienda De Puzolana	244

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Componentes Químicos De La Puzolana	7
Tabla 2	Requisitos Físicos De La Norma INEN Para La Puzolana	8
Tabla 3	Requisitos Químicos De La Norma INEN Para La Puzolana	8
Tabla 4	Granulometría De La Puzolana	9
Tabla 5	Características Climáticas De La Ciudad De Azogues	14
Tabla 6	Descripción De Equipos	18
Tabla 7	Materiales	81
Tabla 8	Vigas Y Columnas Del Edificio De Molienda	89
Tabla 9	Dimensiones de Silo De Almacenamiento	94
Tabla 10	Comparación Entre Diferentes Tipos De Colectores	98
Tabla 11	Comparación Entre Diferentes Tipos De Filtros De Mangas	99
Tabla 12A	Cantidad De Aire A Desempolvar Según El Equipo De Acuerdo Al Holcim Design Criteria	108
Tabla 12B	Cantidad De Aire A Desempolvar Según El Equipo De Acuerdo Al Holcim Design Criteria	109
Tabla 13	Características De Los Tramos Correspondientes A La Red De Tuberías Del Sistema De Extracción De Polvo	141
Tabla 14	Relaciones De Aire Tela Típicas	147
Tabla 15	Características Del Secador	170
Tabla 16	Características De Equipo De Trituración	174
Tabla 17	Tabla Selección De Trituradora	178
Tabla 18	Clasificación De Materiales En Zaranda, Granulometría.	183
Tabla 19	Data Sheet Elevador De Cangilones	186
Tabla 20	Características Filtro De Desempolvado Scheuch	189
Tabla 21	Características Del Ventilador Radial Del Filtro Scheuch	189
Tabla 22	Características Del Sistema Desempolvado Para Secador	190
Tabla 23	Listado De Equipos Y Herramientas Para Construcción	196
Tabla 24	Costos De Banda Dosificadora Bd1	227
Tabla 25	Costos De Banda Transportadora Bt1	231
Tabla 26	Costos Secador Puzolana Y Quemador Bunker	235
Tabla 27	Costos De Planta De Desempolvado Scheuch	239
Tabla 28	Costos De Banda Transportadora Bt2	241
Tabla 29	Costo De Ingeniería	243
Tabla 30	Costos De Elevador De Cangilones Ec1	245

Tabla 31	Costos De Edificio De Molienda	248
Tabla 32	Costo De Sistema De Clasificación De Material Cv1	250
Tabla 33	Costo De Silo Pulmón	254
Tabla 34	Costo De Trituradora De Impacto	255
Tabla 35	Costos De Filtro Desempolvado Molienda	259
Tabla 36	Costos Del Silo De Puzolana Seca 200 Ton	261
Tabla 37	Costos De Banda Dosificadora Bd2	263
Tabla 38	Costo De Ingeniería De Molienda	266
Tabla 39	Costo De La Oferta De Secado De Puzolana	269
Tabla 40	Costo De La Oferta De Molienda De Puzolana	270

ÍNDICE DE PLANOS

Plano A	Plano de Secador.....	75
Plano B	Plano de Lay out de la Planta.....	76
Plano C	Plano del Filtro del Secador.....	77

ANEXOS

- Anexo 1 Banda Dosificadora Bd1
- Anexo 2 Secador
- Anexo 3 Filtro Del Secador
- Anexo 4 Elevador De Cangilones Aumund
- Anexo 5 Criba Vibratoria
- Anexo 6 Trituradora De Impacto
- Anexo 7 Válvula Rotatoria Vr1
- Anexo 8 Presión Dinámica Para Diferentes Velocidades.
- Anexo 9 Cantidad De Aire A Desempolvar.
- Anexo 10 Coeficientes De Pérdidas En Campanas Colectoras.
- Anexo 11 Tablas Para Cálculos De Pérdidas En Conductos
- Anexo 12 Tabla De Tejidos
- Anexo 13 Posiciones De Los Ventiladores

INTRODUCCIÓN

Debido al constante desarrollo logrado en el país, a la necesidad de realizar procesos que ayuden al crecimiento industrial y al alto precio de este producto en el mercado, se desarrolló un proyecto ambicioso en el cual se utiliza materia prima proveniente de minas ubicadas en la región central del país. El material al cual se refiere es la puzolana la misma que es utilizada como aditivo para la fabricación del Cemento Portland.

La puzolana junto con el yeso y la caliza son combinados, para lograr una mezcla homogénea de los elementos, cada material debe de cumplir con ciertas características, en el caso de la puzolana las características son una humedad no mayor de 4% o 5% y con una granulometría menor de 6 mm.

Las industrias productoras de cemento compran la puzolana a proveedores extranjeros debido a que en Ecuador este material se lo encuentra con una humedad del 15% y con una granulometría superior a 10 mm, por este motivo el material que se encuentra en el país no es comercial, por los que para obtener un material que pueda ser comercializado fácilmente en el mercado se debe realizar los procesos de secado y molienda.

Dentro del presente trabajo se realiza el diseño, selección y montaje de los equipos necesarios para proceso de secado y molienda de puzolana.

Se realiza una explicación del problema, con la identificación de las necesidades del mercado, con esto se obtienen los requerimientos del diseño, con este punto de partida se puede realizar el diagrama del proceso y el balance de masa necesarios para la realización del diseño de la planta.

A continuación se realiza el diseño y la selección de los equipos principales, se desarrollan los cálculos necesarios para la construcción de los equipos de fabricación local, así como también la selección de los equipos que son de importación.

Seguidamente se presenta el proceso de montaje de los elementos en donde se muestra un cronograma detallando el tiempo previsto para el proceso de adquisición, construcción, transporte y montaje de los equipos del proyecto.

También se desarrolló el Análisis de los Costos de los equipos, tanto de fabricación local como los de importación, donde se obtuvo como resultado el costo total del proyecto el mismo que fue de \$ 4.716.142,53. Este valor es el presupuestado para el diseño, la fabricación y el montaje de los equipos de la planta de Secado y Molienda de Puzolana.

Como resultado de la implantación del proceso se obtiene una puzolana que puede ser comercializada, con el 4% de humedad y con una granulometría

menor de 6 mm. Esta planta cuenta con una eficiencia del 95%, cumpliéndose uno de los principales objetivos del presente proyecto.

CAPÍTULO 1

1. ANÁLISIS DEL PROBLEMA

El cemento es un material conglomerante, que es utilizado para la elaboración de hormigones en sus diversas variedades, este producto es utilizado en un vasto campo de la construcción de obras civiles de grandes dimensiones y sometidas a las más intensas exigencias; tales como viviendas, edificios, puentes, torres, autopistas y represas.

El cemento portland típico es una mezcla de silicato tricálcico ($3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$), aluminato tricálcico ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$) y silicato dicálcico ($2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$) en diversas proporciones, junto con pequeñas cantidades de compuestos de hierro, magnesio, manganeso, fósforo, titanio, entre otros. Para lograr condiciones de trabajo óptimo y fraguado se adiciona yeso al clinker en la etapa de molienda final. El cemento portland es el más utilizado dentro de la construcción en el país, para la obtención de este producto es

necesaria la mezcla de cuatro materiales principales, clinker, yeso, caliza y puzolana.

Las puzolanas han sido definidas como uno de los materiales que carecen de propiedades cementicias y actividad hidráulica por si solas, contienen porciones de material que se combinan con la cal a temperaturas ordinarias y en presencia de agua; dando lugar a compuestos permanentemente insolubles y estables que se comportan como conglomerantes hidráulicos.

Las puzolanas se pueden clasificar en dos grandes grupos: puzolanas naturales como materias de origen volcánico, materias sedimentarias de origen animal o vegetal; y, puzolanas artificiales como materias tratadas y subproductos de fabricación industrial.

La producción de cementos con adiciones activas, tales como la puzolana u otros materiales, surge como una solución técnica a problemas específicos planteados por los avances tecnológicos en el área de la construcción.

La puzolana es el material a tratar dentro del presente proyecto. Este material se encuentra en grandes depósitos en la región central del país,

contiene elevadas concentraciones de sílice, aluminio, hierro y reciben una carga térmica al encontrarse a la intemperie, esto también provoca un porcentaje considerable de humedad, la cual varía dependiendo de la pluviosidad al momento de la explotación ya que la puzolana es un material con características altamente higroscópicas ó absorbente.

Propiedades Físicas de la puzolana

Para la obtención de las características de la puzolana se parte desde la granulometría o estado de subdivisión, la misma que tienen formas muy diversas y sus dimensiones varían de acuerdo a su naturaleza y estructura; pero generalmente son materiales muy finos y de menor densidad que el clinker portland. La puzolana es molida hasta conseguir partículas muy finas que son más eficaces en cuanto más rápido se pueden fijar una fuerte proporción de cal.

La humedad de la puzolana puede variar desde un 3% hasta un 15% en términos promedio dependiendo del lugar, profundidad y de las condiciones climáticas en el momento de ser extraída. Además son de fácil molienda y se mejora esta propiedad cuando está completamente seca. La densidad aparente está comprendida entre 0.8 a 1.4 g/cm³ y su densidad real puede variar entre 2.30 a 2.80 g/cm³.

Propiedades Químicas de la puzolana

Cuando a la puzolana es molida se convierte en un material más eficaz ya que se puede fijar más rápidamente a la cal del cemento portland por la sílice y alúmina que contienen (efecto puzolánico), este proceso de homogenización puede ser acelerado por incremento de la temperatura en el material. Las puzolanas permiten reducir la expansión de los morteros y hormigones. En la Tabla 1 se muestra la composición química de las puzolanas naturales.

Tabla 1

COMPONENTES QUÍMICOS DE LA PUZOLANA¹

<i>Compuestos</i>	<i>Puzolanas Normales</i>
SiO_2	48 – 71
$Al_2O_3 + TiO_2$	16 – 22
CaO	2 -10
MgO	Hasta 5
SO_3	-
<i>Alcalis</i>	4 – 8

La puzolana debe cumplir con los siguientes requisitos físicos y químicos establecidos por la NORMA INEN, presentados en las Tablas 2 y 3:

REQUISITOS FÍSICOS

¹ FRITZ-KEIL. "Cemento, Fabricación, Propiedades, Aplicaciones". Editores Técnicos Asociados. España. 1973

Tabla 2

REQUISITOS FÍSICOS DE LA NORMA INEN PARA LA PUZOLANA²

REQUISITOS		UNIDAD	MIN	MAX
<i>Superficie Específica</i>		<i>m²/Kg</i>	<i>300</i>	<i>--</i>
<i>Índice de Actividades Puzolana</i>	<i>Con cemento Portland (28 días)</i>	<i>%</i>	<i>75</i>	<i>--</i>
	<i>Con cal (7 días)</i>	<i>MPa</i>	<i>4</i>	<i>--</i>
<i>Consistencia de Volumen (Exp. Autoclave)</i>		<i>%</i>	<i>--</i>	<i>0.5</i>

REQUISITOS QUÍMICOS

Tabla 3

REQUISITOS QUÍMICOS DE LA NORMA INEN PARA LA PUZOLANA²

REQUISITOS	UNIDAD	MIN	MAX
<i>Oxido de Mg Soluble total</i>	<i>%</i>	<i>---</i>	<i>5</i>
<i>Trióxido de Azufre</i>	<i>%</i>	<i>---</i>	<i>3</i>
<i>Pérdida de Calcinación</i>	<i>%</i>	<i>---</i>	<i>20</i>

El tipo de puzolana utilizada en la elaboración de cemento corresponde al grupo de puzolanas naturales de origen volcánico, proviene de los yacimientos ubicados en la parroquia Challuabamba perteneciente al cantón Cuenca; sus características se presentadas en la Tabla 4.

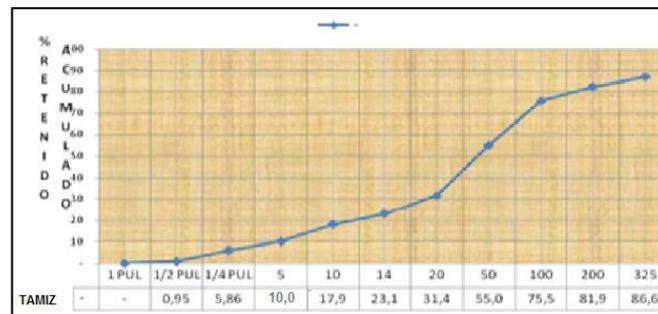
² Guamán Adriana, Piña Favio; Diseño de un sistema de secado de puzolana para la Empresa Industrias Guapan S.A. Ingeniería Mecánica Universidad Politécnica Salesiana Cuenca, 2007

Tabla 4

GRANULOMETRÍA DE LA PUZOLANA.²

# Abertura de Tamíz (mm)	Peso Muestra (Kg)	Peso Tamíz (Kg)	Peso Neto (Kg)	% Retenido	% Acumulado
50	4.04	2.13	1.91	9.51	9.51
31.5	3.56	2.21	1.35	6.72	16.23
20	4.54	2.31	2.23	11.11	27.34
16	3.43	2.28	1.15	5.72	33.06
10	4.69	2.43	2.26	11.26	44.32
6.3	4.66	2.92	1.74	8.66	52.98

En la figura 1.1 se presenta una curva típica de la granulometría de la puzolana.

FIGURA 1. 1 GRANULOMETRÍA PUZOLANA.³

La puzolana en el proceso de fabricación de cemento es deshidratada hasta un 5% de humedad, para de esta manera conseguir un aumento en la adición al ser mezclada con las demás materiales. Con esta deshidratación se consigue un incremento en la producción de cemento

³Concurso Público de Bienes y Servicios, Proyecto de instalación de un sistema para secado de puzolana para Compañía Industrias Guapán.S.A, 2012.

del 5%, lo cual es muy beneficioso para toda empresa que fabrique cemento.

La puzolana que se encuentra en Ecuador tiene una humedad del 15%, si se consigue un proceso de secado con un 10% de eliminación de agua se obtiene un aumento en la adición de puzolana con los demás materiales, con esto se logra una ventaja de los indicadores de producción del proceso de molienda en un 27%.

Además de las características ya mencionadas de la puzolana húmeda, cuando el material contiene humedad excesiva genera algunos problemas en los equipos utilizados en el proceso de producción de cemento, uno de los problemas más comunes es el crear obstrucciones en las grillas de los diafragmas de las cámaras de molienda.

Los materiales deben cumplir con una condición importante, antes de ser mezclados tienen que pasar por un proceso de molienda, con el fin de conseguir una mezcla homogénea de partículas, con este proceso será posible la obtención de la granulometría requerida, la cual debe tener un tamaño inferior a 6 mm.

1.1. Identificación de las Necesidades.

Para las empresas productoras de cemento es más costosa la construcción de una nueva planta de secado y molienda de puzolana, que comprar el material importado con un estado de deshidratación y diámetro óptimo.

El costo de importación de este producto es sumamente alto, comparado con el que se encuentra en Ecuador a un 15 % de humedad.

Al saber de esta necesidad en el mercado ,de la abundancia de materia prima que existe en Ecuador y del bajo costo que este producto tiene, se propone la construcción de una planta secadora y de molienda de puzolana, para cubrir la demanda de puzolana seca y con la granulometría necesaria dentro del Ecuador. Por este motivo es necesaria una ubicación estratégica de la planta dentro del país.

Para encontrar el mejor lugar para localizar la planta se van a considerar las siguientes características:

1. Proximidad de minas de Puzolana.
2. Proximidad de posibles clientes.

3. Mano de obra disponible en el Sector.

4. Costo de propiedades.

1.- Como se mencionó anteriormente las minas de puzolana se encuentra en la región central, es por esta razón que la planta debe de estar ubicada en la región central o Sierra del país. Uno de los motivos principales es el transporte de material ya que es más económico el transporte de un material seco que un material húmedo, debido al peso extra que representa esta humedad, al transportar un material seco se genera un ahorro considerable en movilización. Con esto se logra solo el transporte del material seco y molido hacia los clientes finales.

2.- La proximidad hacia los clientes es fundamental para realizar transportes más cercanos, con lo cual se obtiene un ahorro en el costo de movilización del material y en la cantidad que se puede entregar periódicamente al cliente.

A continuación se puede observar la ubicación de los posibles clientes, quienes en su mayoría se encuentran en la región Sierra del país.

- Holcim Guayaquil. (Guayaquil)

- Holcim Lafarge. (Latacunga)
- Cemento Chimborazo. (Riobamba)
- Cementos Guapán. (Azogues)

3.- La disponibilidad de mano de obra debe ser de personas preparadas dentro del área de Materiales e Ingeniería para que esta nueva planta pueda contar con profesionales preparados para las labores que deben de desempeñar.

4.- El costo de los terrenos y propiedades es muy importante ya que se debe conseguir un terreno de dimensiones considerables, en donde se pueda realizar la construcción de la planta de la mejor manera.

Dadas estas características se ha escogido como lugar optimo a la ciudad de Azogues, Provincia de Cañar - Ecuador, debido a que se encuentra cerca de las minas de puzolana, está cercana a los clientes, se puede encontrar mano de obra preparada y el costo de los terrenos no es tan elevado con relación a las demás ciudades de la región central del país.

Al tener definida la ciudad en la que se va a construir la planta se debe tener conocimiento de las condiciones y características climáticas, que se presentan en la Tabla 5, las mismas que son generales dentro del territorio de la ciudad de Azogues, es muy importante tenerlas en consideración ya que dependiendo de estas condiciones se realizará la compra de los equipos, debido a que no tienen las mismas características que los equipos que van a trabajar al nivel del mar.

Tabla 5

CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DE LA CIUDAD DE AZOGUES⁴

Descripción	Valores	Unidades
Altura	2.600	Msnm
Temperatura ambiente Promedio	16	°C
Temperatura ambiente Máxima	25	°C
Temperatura ambiente mínima	4	°C
Humedad ambiente Relativa	60	%
Humedad ambiente Relativa Máxima	80	%
Velocidad de los vientos	30	Km/h
Disponibilidad de agua industrial	Existente	

⁴ Condiciones climáticas de la Ciudad de Azogues.

Para el correspondiente diseño de esta planta se deben tener en consideración estas condiciones y así poder prever cualquier incidente que se pueda causar por una situación climática.

1.2. Requerimientos Generales Del Diseño.

El proyecto del Sistema de Secado y Molienda de la puzolana, tiene el siguiente proceso:

En la figura 1.2 se presenta el diagrama del proceso de Secado y Molienda de puzolana, en esta figura se describe de manera gráfica el proceso que se siguió para el diseño de la Planta.

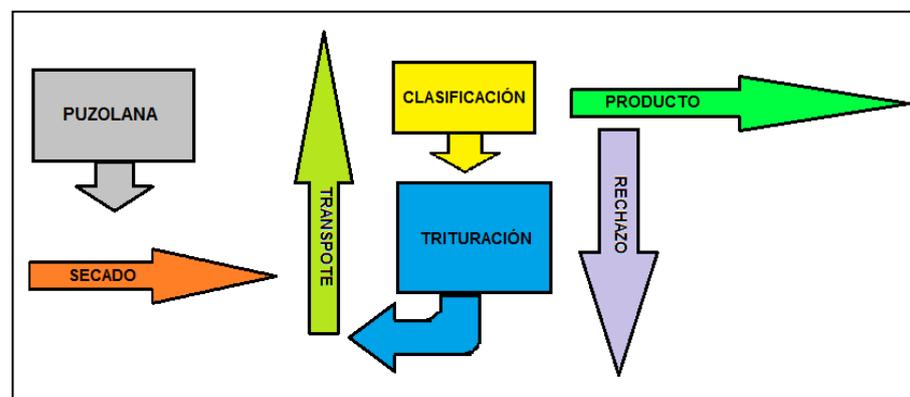


FIGURA 1.2 DIAGRAMA DE PROCESO DE SECADO Y MOLIENDA DE PUZOLANA.

La materia prima húmeda es almacenada en una tolva, utilizando un puente grúa o bandas de transporte mediante un sistema

compuesto por un alimentador pesador y bandas de transporte se alimenta al secador de puzolana, este material tiene una humedad del 15 % y es secada mediante la aplicación de calor generado por la quema de crudo, para la purificación de los gases residuales y el vapor de agua el sistema integra un colector de polvo con capacidad suficiente para tratar los gases, el producto seco es transportado mediante un sistema de transporte adecuado hasta el sistema de molienda, se transporta el material hacia el elemento clasificador o cribas donde se realizará una selección de material, el material menor a 4 mm se descargará como producto final a la tolva de almacenamiento para despacho, el material con una granulometría comprendida entre 4 mm a 80 mm se descarga hacia un Triturador que puede ser de impacto, de eje vertical o similar, la descarga del triturador se alimenta al elemento de transporte como circuito cerrado para generar la recirculación del material, el material con un tamaño superior a 80 mm se descarga como rechazo hacia una tolva para ser tratado como rechazo, el sistema de molienda cuenta con un filtro de polvo para evitar la polución excesiva dentro del edificio de molienda.

Dentro de este literal se van a detallar la selección del equipo más representativo del proyecto de secado, el cual es el Secador. Se va

a realizar el análisis del proceso para obtener el más eficiente en las condiciones y costos.

Análisis de Procedimientos de Secado²

El secado permite la eliminación de la humedad contenida en un sistema o estructura, pudiendo ser el material un sólido, líquido o un gas. Es importante considerar que el secado es un proceso de eliminación de humedad en pequeñas cantidades.

Es importante definir el método y el tipo de secado dependiendo de cada material ya que a medida que la humedad abandona el espacio ocupado en el cuerpo; su volumen generalmente comienza a contraerse, obteniéndose al final materiales con fallas producto de la tensión superficial lo que puede degenerar las propiedades físicas y/o químicas del producto final. Asimismo el tiempo y la permanencia de las temperaturas de secado sobre el material son variables a tomar en cuenta dentro del análisis.

En el siguiente punto se definirán los métodos y sistemas de secado que ayudaron a elegir el mejor diseño para el secado de puzolana.

1.3. Diagrama de Proceso.

Este literal fue desarrollado a partir del diagrama de proceso presentado anteriormente.

Dentro del proyecto se deben definir algunos equipos que forman parte del proceso de Secado y Molienda de puzolana. Los primeros equipos que se definieron fueron los equipos importados, debido a que con las respectivas descripciones se solicitaron las proformas a los proveedores.

En la Tabla 6 se presenta una descripción de la situación de los equipos necesarios para el desarrollo del proyecto, en esta se tiene en cuenta que dentro del terreno se encontraron equipos existentes en buen estado, los cuales se restauraron para ser utilizados dentro del proyecto, dentro del proyecto hubieron equipos importados y equipos de fabricación local.

TABLA 6
DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS

	EQUIPO	DESCRIPCIÓN
1	Galpón de almacenamiento de puzolana húmeda	Existente
2	Tolva de puzolana húmeda	Existente
3	Banda dosificadora	Importado
4	Banda transportadora	Importado
5	Quemador – secador de puzolana	Importado
6	Filtro del secador	Importado
7	Banda transportadora	Importado
8	Elevador de cangilones	Importado

9	Criba vibratoria	Importado
10	Tolva de rechazo	Importado
11	Trituradora	Importado
12	Banda transportadora	Importado
13	Silo de almacenamiento	Fabricación local
14	Filtro de mangas	Fabricación local
15	Edificio de molienda	Fabricación local

En la figura 1.3 se presenta el diagrama del proceso de secado y molienda en donde se describe claramente el proyecto, a continuación se describirá brevemente las funciones de cada uno de los equipos dentro del proyecto.

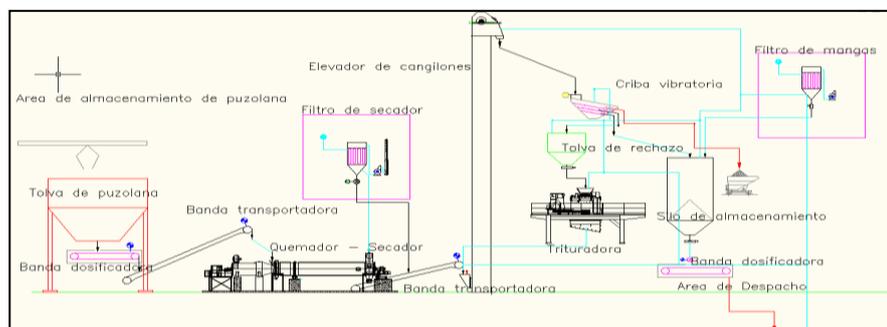


FIGURA 1.3 DIAGRAMA DEL PROCESO DE SECADO Y MOLIENDA DE PUZOLANA.⁵

El terreno adquirido para la construcción de la planta de secado y molienda de puzolana es un terreno donde funcionaba una fábrica dedicada al almacenamiento de materiales para la

⁵ Autor.

construcción, en este lugar se encuentra ubicado un galpón con una tolva, las mismas que por decisión del cliente fueron reutilizados para evitar incurrir en gastos innecesarios, estas estructuras fueron reestructuradas y reforzadas para ser adaptadas al proyecto, y así evitar problemas posteriores.

GALPÓN DE ALMACENAMIENTO DE PUZOLANA HÚMEDA

El galpón es una edificación existente donde se almacena el material y la cual contiene un recolector de material tipo cuchara que lo descarga de los camiones y lo coloca dentro del galpón, es un galpón cerrado para evitar que el material obtenga mayor humedad.

TOLVA DE PUZOLANA HÚMEDA

Esta tolva es un equipo existente que era utilizada para el despacho de material, se realizó una modificación para que este en óptimas condiciones para la descarga de la puzolana húmeda a la Banda dosificadora.

BANDA DOSIFICADORA

Esta banda es un equipo importado y es la encargada de dosificar el material que ingresa al proceso, la capacidad de la

banda es de 4 – 40 TPH ya que es la capacidad a la que trabaja el sistema.

Esta banda es un equipo indispensable a la entrada del proyecto, para que el material que ingresa sea el adecuado para el sistema.

BANDA TRANSPORTADORA

La banda transportadora es una banda de rodillos que transporta el material desde la Banda dosificadora hasta el Secador es un equipo importado, el cual fue adquirido por elementos.

Una banda transportadora es un sistema de transporte continuo formado básicamente por una banda continua que se mueve entre dos tambores.

La banda es arrastrada por fricción por uno de los tambores, que a su vez es accionado por un motor. El otro tambor suele girar libre, sin ningún tipo de accionamiento, y su función es servir de retorno a la banda. La banda es soportada por rodillos entre los dos tambores.

Debido al movimiento de la banda el material depositado sobre la banda es transportado hacia el tambor de accionamiento donde la banda gira y da la vuelta en sentido contrario. En esta zona el

material depositado sobre la banda es vertido fuera de la misma debido a la acción de la gravedad.

QUEMADOR – SECADOR DE PUZOLANA

En la figura 1.4 se presenta un diagrama del secador.

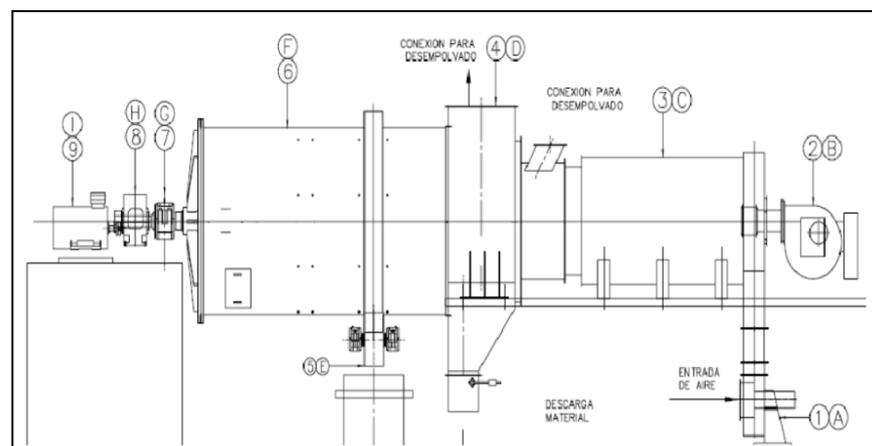


FIGURA 1.4 SECADOR⁶

Este secador es accionado por un sistema de transmisión compuesto por un motor eléctrico, un acople y un reductor que se acopla al eje del tambor exterior parte del secador rotativo, el mismo contiene otro tambor en su interior el cual es concéntrico, este secador tiene una tolva de alimentación y descarga de material por aquí ingresa la puzolana húmeda la misma que cae en el interior del tambor interno este tambor está provisto con placas de

⁶ FUENTE: Santillán Paulo, "IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA MODELO DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL EN EL ÁREA DE MOLIENDA ALLIS CHALMERS DE LA EMPRESA CEMENTO CHIMBORAZO" Escuela Superior Politécnica de Chimborazo ESPOCH, Facultad de Mecánica Escuela de Ingeniería de Mantenimiento, 2011.

levantamiento que levantan al material permitiendo que este se desplace hasta la cámara común de los dos tambores.

El secado de la puzolana se logra gracias a un quemador, el mismo aprovecha la combustión generada en el hogar para el secado de la puzolana, luego de que la puzolana se ha secado, en la cámara común de los tambores la puzolana se desplaza por el espacio entre los dos tambores ya que el tambor exterior también contiene en su cuerpo placas de levantamiento, para desplazar al material hasta la tolva de descarga.

FILTRO DEL SECADOR.

El gas crudo se introduce lateralmente en el filtro y es distribuido entre las mangas del mismo mediante una chapa de rebotamiento. Al mismo tiempo, las partículas de polvo mayores son desviadas directamente hacia abajo en la bandeja colectora de polvo o cubeta.

El polvo es retenido en la parte exterior de las mangas de filtro colocadas sobre cestos de soporte, mientras que el gas limpio pasa desde el interior de las mangas hacia la cámara de gas limpio a través de las toberas de inyección.

Durante el proceso de filtraje, las mangas están encogidas hacia el interior en forma de estrella. Una unidad de mando electrónica

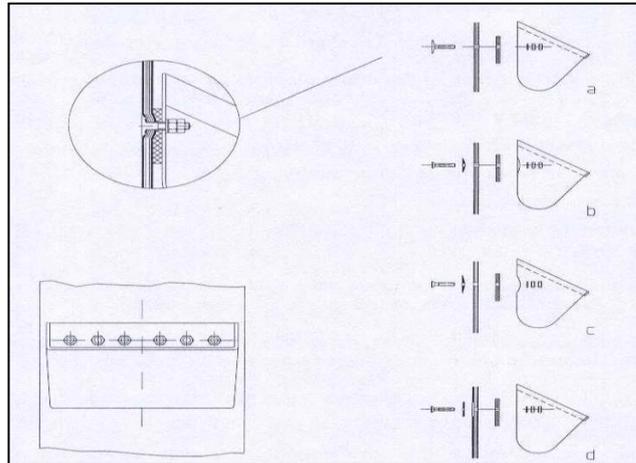
abre una válvula electromagnética durante unos 0.08 segundos según una cadencia ajustada. Desde el depósito de aire comprimido es impulsado aire comprimido hacia las toberas de inyección a través del tubo de propulsión. Con este impulso es invertido el sentido de circulación normal de aire, además, se arrastra aire de la cámara de gas limpio y las mangas son infladas y limpiadas. Tras este breve impulso de limpieza, una de las hilera de mangas vuelve a quedar en estado de filtrado y es limpiada la próxima hilera de mangas conforme a la cadencia ajustada.

Este equipo es importado ya que no se encuentra con proveedores locales, además debe ser fabricado por especialistas ya que trabaja con gases calientes provenientes del secador.

ELEVADOR DE CANGILONES

Un elevador de cangilones ha sido diseñado para la transportación de material en forma vertical. Su funcionamiento se da a partir de un moto-reductor situado en la parte superior del elevador conocido como cabezal, el cual transmite la potencia a un tambor que esta acoplado al mismo y genera el movimiento, en el interior de la carcasa del elevador se encuentra montada una cadena sobre la

cual van acoplados los cangilones, tal y como se muestra en la figura 1.5.



**FIGURA 1.5 ESQUEMA DE LA BANDA PORTA
CANGILONES⁶**

Los baldes se acoplan por medio de pernos como se mostró en la figura anterior.

En la base del elevador tiene un chute de entrada aquí se deposita cualquiera que sea el material para el cual ha sido destinado dicho elevador. Consta de unas placas desmontables de impacto las mismas que son de un material resistente a la abrasión y su ángulo de caída es tal que al caer el material es depositado en los baldes.

Para evitar el llenado en la bota o base del elevador se coloca un sensor de nivel el mismo que recibe la señal de llenado de la bota

esto es muy importante, ya que de no existir este dispositivo se corre el riesgo de que se rompa la cadena, se quemé el motor, etc.

El traslado del material se lo realiza de la siguiente manera:

- El material es depositado en el chute de entrada y guía el material hasta ser depositado en los baldes.
- Los baldes son movidos verticalmente por la cadena accionada por el tambor acoplada al moto reductor y el material llega hasta el cabezal del elevador y es descargado por el chute de salida.
- En la descarga de material, el material es guiado por unos espejos y finalmente es depositado en un ducto que dirige el material hacia la criba vibratoria.

CRIBA VIBRATORIA

La criba vibratoria está conformada por una serie de tamices con distintos grados de aberturas con la particularidad de superponer una sobre otra. Se apilan colocando la más fina abajo de las demás y sobre ella las que sucesivamente tienen mayor aberturas, hasta colocar por encima de todas la de mayor abertura.

Todo ese conjunto se coloca en un dispositivo mecánico provisto de un motor, que le imprime un movimiento de desplazamiento y vaivén horizontal de modo que el material colocado en la criba superior vaya pasando a las cribas inferiores y se separen los distintos tamaños de partículas.

Finalmente se liberan las partículas retenidas en cada criba obteniendo así la distribución del tamaño de grano que se desea.

TOLVA DE RECHAZO

La tolva de rechazo es un equipo que se utiliza como paso mientras la planta se encuentra en funcionamiento, al momento de realizar una parada imprevista se utiliza para recolectar material, y así evitar que los equipos trabajen sin material, la capacidad de esta tolva es de 16 TON, con esto la planta podría trabajar durante el tiempo necesario, mientras se resuelve el problema que se haya presentado.

TRITURADORA

La trituradora es el equipo principal del proyecto de molienda debido a que reduce el material al tamaño deseado.

Una trituradora es un equipo que transforma el material del tamaño original a un menor tamaño.

Los materiales ingresan a la trituradora por la tolva de alimentación y de allí caen al centro de la mesa abierta. Los eyectores proyectan con fuerza los materiales sobre los yunques dispuestos alrededor de la trituradora los eyectores resistentes a la abrasión transmiten la energía a las partículas proyectadas.

La forma de la coraza determina el ángulo de impacto de las partículas y puede elegirse en función de las rocas que hay que triturar y también de las aplicaciones. La coraza resiste a la vez la abrasión a los choques violentos.

La velocidad de la mesa proporciona la energía necesaria a las partículas proyectadas. La elección de dicha velocidad influye directamente en el grado de reducción de la trituradora.⁶

SILO DE ALMACENAMIENTO

El silo de almacenamiento sirve para acumular el material de puzolana seca y molida lista para el despacho, es un silo de 200 TON en el cual se acumula el material que posteriormente es enviado a la banda dosificadora de donde se realiza el despacho a los camiones.

El silo es de forma cilíndrica en terminación de cono, el material empleado para la fabricación es el acero A36 con bases de

hormigón, este silo es abastecido directamente por la criba, el material que ingresa ya es tamizado.

EDIFICIO DE MOLIENDA

El edificio de molienda como su nombre lo dice es una estructura donde se instalaron los equipos de este sistema, el edificio cuenta con plataformas para mantenimientos y control de los equipos, además de pasamanos y escaleras que son necesarios en todas las estructuras industriales para la seguridad del personal que ocupa dichas instalaciones.

La estructura es de acero con perfiles tipo I, el número de niveles se definirá en capítulo posteriores, el edificio tiene una cubierta de stell panel tanto en las paredes como en el techo.

1.4. Balance de Masa.

Para el presente proyecto es necesaria la producción de 30 TPH de puzolana Secas y Molida, esta cantidad de material se podrá almacenar por aproximadamente durante 7 horas en el Silo de almacenamiento el cual tiene una capacidad de 200 TON, el despacho se realiza de manera continua, pero al momento de tener

algún inconveniente o problema la planta puede operar constantemente durante este tiempo sin sufrir paradas innecesarias.

Al obtener la capacidad de la planta de manera general se puede seleccionar los equipos más convenientes, esto se realiza de mejor manera con un Balance de masa dentro del proceso, asumiendo pérdidas del 5% en los equipos se seleccionó equipos con mayor capacidad para poder realizar los trabajos de forma más eficiente posible.

Para la selección de los equipos se debe tener en cuenta que deben ser adquiridos con capacidades estándares para reducir los costos de los mismos y poder obtener repuestos con mayor facilidad al momento de que los equipos lleguen a sufrir algún desperfecto por algún inconveniente pudiera presentarse.

BANDA DOSIFICADORA

La banda dosificadora de puzolana húmeda tiene la misma capacidad que la banda de la planta en general, debido a que esta banda alimenta a todo el proceso y dosifica o entrega la cantidad de material necesario para el proceso, asumiendo el 5% de pérdidas por equipo es necesaria una banda de 31.5 TPH, esta

capacidad no es estándar dentro de los fabricantes, para realizar una cotización los fabricantes requieren de capacidad mínima y una máxima, la capacidad mínima a la que deberá trabajar la banda será al 10 % de lo que el proceso necesita. Dando como resultado una banda de 4 a 40 TPH, esta capacidad es estándar dentro de los fabricantes y no excede los requerimientos del diseño.

BANDA TRANSPORTADORA

La banda transportadora debe tener una capacidad igual a la de la banda dosificadora, concluyendo que tendrá una capacidad de 4 a 40 TPH, teniendo en cuenta las pérdidas de los equipos, la cantidad de material que transporta es de 30 TPH, y desde la Banda Dosificadora ingresa 31.5 TPH.

De este análisis se obtiene que la capacidad de la Banda Transportadora debía ser de 4 a 40 TPH, con esta descripción se realizó el pedido al proveedor.

QUEMADOR – SECADOR DE PUZOLANA

El secador y el quemador son equipos que se adquirieron a un mismo proveedor ya que con cada secador se utiliza un quemador de distinta capacidad, la capacidad del secador es de

30 TPH, esta capacidad es estándar por lo tanto el Secador será pedido al proveedor con esta capacidad.

FILTRO DEL SECADOR

La capacidad del filtro del secador fue enviado por el proveedor debido a que este es un equipo especial, porque es un filtro de gases calientes del secador, es por esto que la capacidad de este equipo lo calcula el proveedor, a quien se le envió la capacidad del secador, con este dato fue calculada la capacidad del filtro.

BANDA TRANSPORTADORA

La Banda transportadora BT2 es un equipo que transporta el material desde el secador hasta el Elevador de cangilones, la capacidad que recibe la banda es de 30 TPH y con las pérdidas del 5% por equipos, con esto se necesitaría una banda de 31,5 TPH, esta unidad no es estándar, una unidad estándar es de 35 TPH.

ELEVADOR DE CANGILONES

En este sistema el elevador recibe la descarga de dos equipos, por una parte recibe la puzolana de la Banda BT2 y por otro lado recibe el material de recirculación desde la trituradora, la cantidad de material que recibe desde la banda es de 30 TPH, la cantidad de

material que recibe desde la trituradora varía desde 0 hasta 80 TPH, por tal motivo la capacidad del Elevador debe ser de 110 TPH, la capacidad estándar para estos tipos de equipos es de 120 TPH.

Al obtener la capacidad necesaria para el elevador, fue enviada al proveedor para que cotice el equipo y así poder realizar los cálculos debidos.

CRIBA VIBRATORIA

La criba vibratoria es un equipo que cumple con la función de separar los diferentes diámetros de material, el material proveniente del Elevador, la capacidad de este equipo se la obtuvo asumiendo el máximo de la capacidad del Elevador, el cual es de 120 TPH, si se calculan las pérdidas por equipo del 5% se obtiene una capacidad de 126 TPH, la capacidad estándar para este tipo de equipos es de 130 TPH, con esta descripción fue solicitada al proveedor.

TOLVA DE RECHAZO

La tolva de rechazo es un equipo que sirve para que el sistema no tenga paras innecesarias, la capacidad de esta es de 16 TPH, pero solo funciona al momento que el proceso se ve afectado por algún inconveniente que se presente en la planta, mientras no exista este

tipo de inconvenientes la tolva sirve como ducto para descarga del material hacia la trituradora.

TRITURADORA

La trituradora debe tener un capacidad de aproximadamente la capacidad de la criba, la cual es de 130 TPH, si se tiene en cuenta la perdida por equipo del 5% se necesitará una trituradora de 136,5 TPH, debido a que la capacidad estándar para este tipo de equipos es de 150 TPH, se solicitó al proveedor un equipo con esta capacidad estándar para que nos envíe la descripción técnica y la cotización.

FILTRO DE MANGAS

El filtro de mangas es un equipo que se calcula dependiendo de la cantidad de ductos y polución que se genere dentro de la planta, esta capacidad se obtuvo después de realizar el diseño completo de la planta de molienda.

SILO DE ALMACENAMIENTO

Desde la criba es enviado el material hasta el Silo de Almacenamiento, este material está listo para ser comercializado, la capacidad del silo es de 200 TPH por pedido del cliente, ya que desea que el material pueda almacenarse por aproximadamente 5 horas, si se tiene en cuenta que la cantidad de material que ingresa al sistema es de 40 TPH.

En las figuras 1.6 y 1.7 se presentan una descripción gráfica de las capacidades de los equipos del proyecto de Secado y Molienda de puzolana.

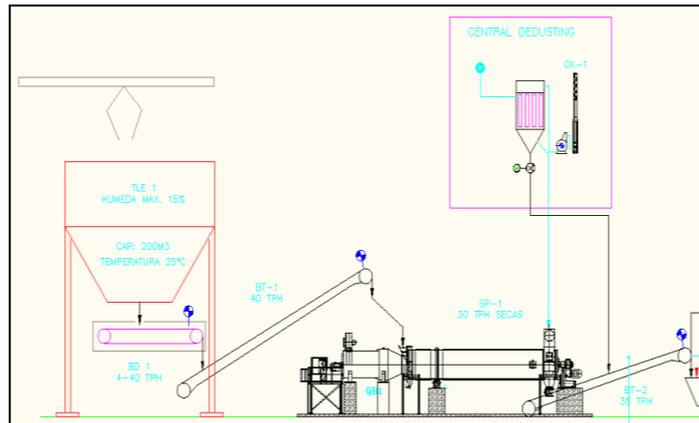


FIGURA 1.6 CAPACIDADES DE EQUIPOS DE SECADO DE PUZOLANA⁷

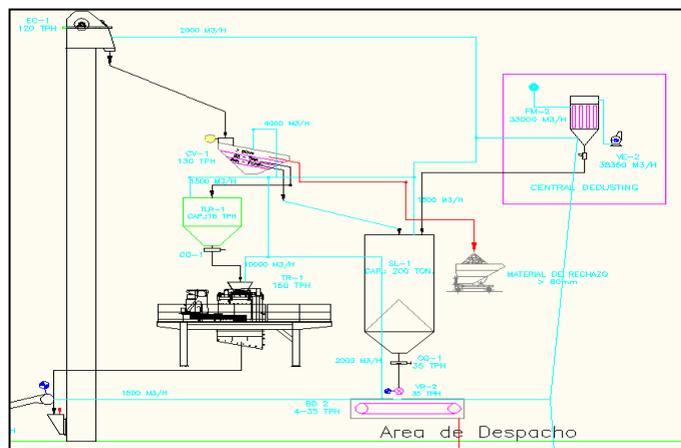


FIGURA 1.7 CAPACIDADES DE EQUIPOS DE MOLIENDA DE PUZOLANA⁷

⁷ Autor

En la figura 1.9 se presenta un resumen de las capacidades de los equipos mediante una gráfica.

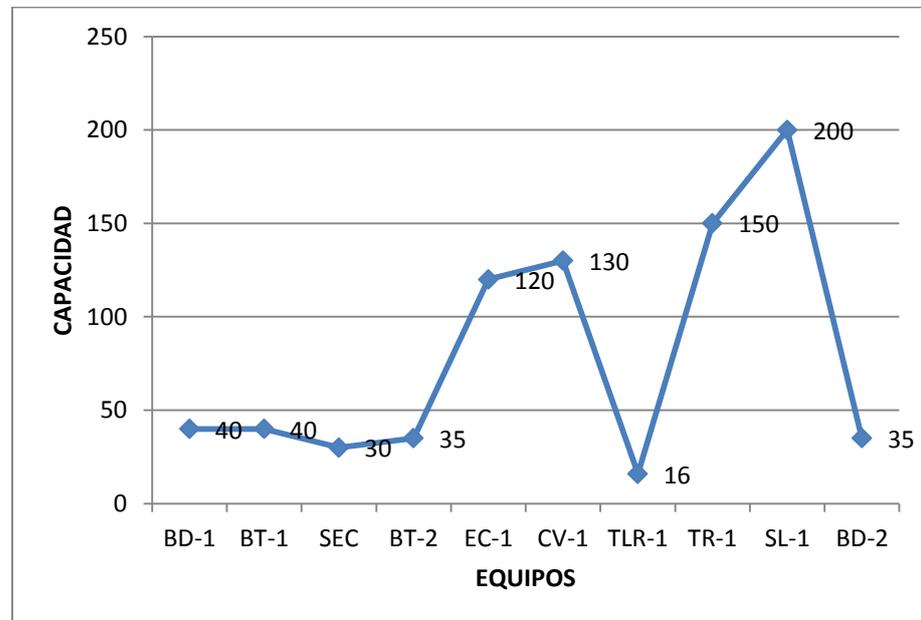


FIGURA 1.9 GRÁFICA CAPACIDADES DE EQUIPOS.⁷

CAPÍTULO 2

2. DISEÑO DE PLANTA

En el actual capítulo se presenta el desarrollo del layout de la planta de secado y molienda de puzolana, se presenta también la determinación o selección de los equipos con sus respectivas capacidades y descripciones técnicas, también se realizará el diseño y la selección de los equipos más destacados dentro del proyecto. Todos estos equipos serán validados por las cotizaciones enviadas por los proveedores y que se mostrarán en los anexos 1 - 8, en estas cotizaciones además de mostrar el presupuesto se mostrarán las descripciones técnicas de cada uno de los equipos.

2.1 Layout Propuesto.

En el capítulo 1 se presentó un diagrama del proceso de secado y molienda de puzolana, a partir de este diagrama se va a realizar el layout de la planta.

Para la realización del layout es necesario contar con las dimensiones reales tomadas en sitio así como también se debe de conocer las dimensiones y ubicaciones de los equipos existentes.

En el layout se presenta la ubicación exacta de cada uno de los equipos, en el caso de este proyecto se tiene equipos ya existentes lo cual nos da el punto de partida para la distribución de la Planta, el área con la que cuenta también es un dato conocido proporcionado por el cliente.

El área que el cliente ha asignado para la realización del proyecto es de 545,3 m², la misma que no es un área uniforme. En la figura 2.1 se muestra la distribución del área asignada por el cliente, estas medidas fueron tomadas en sitio y con estas se realizó un diagrama, el cual se tomó como punto de partida para la distribución de los equipos de la planta.

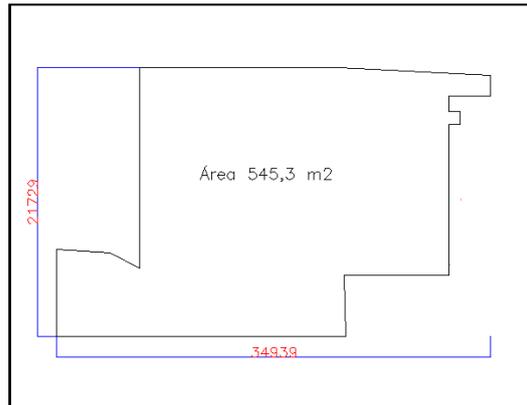


FIGURA 2.1 ÁREA PARA EL PROYECTO.

Cabe recalcar que las unidades de la figura 2.1 están dadas en milímetros.

El plano de la figura 2.1 tiene como límites por el norte los equipos existente, al sur se encuentra una carretera por la cual transitan maquinarias, automóviles, personal y demás, al Oeste se encuentra la entrada al hall de puzolana por donde transitan camiones para la descarga de la materia prima dentro del galpón, al Este se encuentra otro galpón el cual va a ser utilizado para el despacho de la puzolana seca y molida.

Al realizar el layout de la planta se obtuvieron las dimensiones de algunos equipos como por ejemplo las bandas transportadoras, que dirigen el material de un punto a otro, el silo de almacenamiento de producto, las dimensiones del edificio de

molienda, al obtener estos datos se podía tener la dimensiones estándar de algunos equipos como el secador el cual es uno de los puntos de partida para la realización del Layout.

El proyecto se lo va a dividir en dos partes:

1. Secado de puzolana.
2. Molienda de puzolana.

Para llevar a cabo el desarrollo del layout, se da comienzo con los esquemas generales de la planta, presentado en el capítulo 1.

SECADO DE PUZOLANA

En la figura 2.2 se muestra un esquema general del proyecto de secado de puzolana.

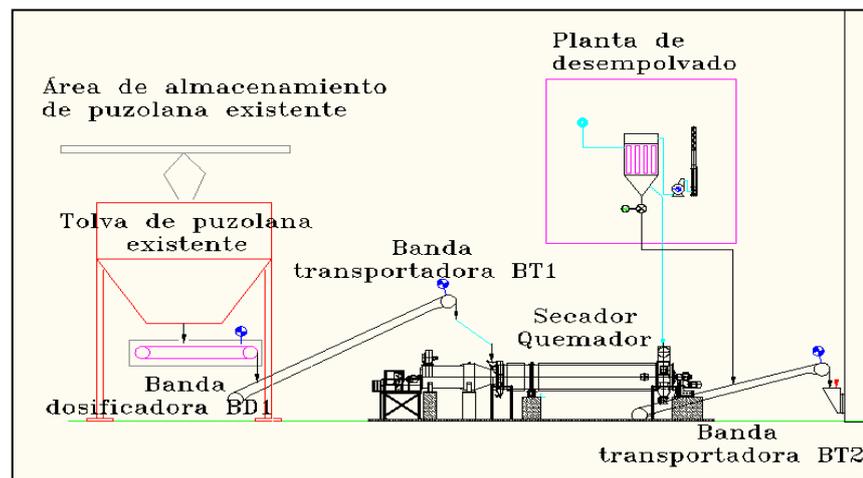


FIGURA 2.2 SISTEMA SECADO DE PUZOLANA⁸

⁸ Autor

El proyecto de secado está determinado por la ubicación de los equipos existente, con los cuales se debe partir para la distribución de los equipos del proyecto.

En la figura 2.3 se presenta la tolva existente y el área en la que se desarrolló el proyecto.

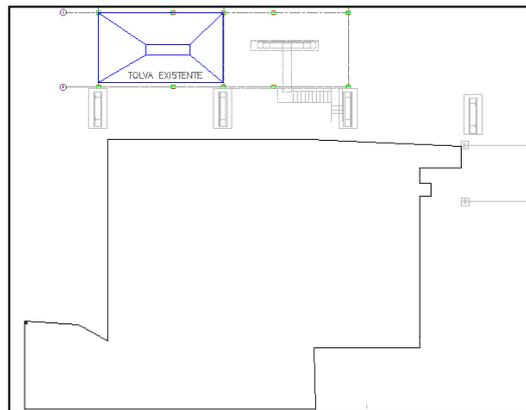


FIGURA 2.3 TOLVA EXISTENTE.¹

En el lado derecho se distribuyeron los siguientes equipos:

- 1.- Banda Dosificadora BD-1
- 2.- Banda Transportadora BT-1
- 3.- Secado y Quemador SEC - QB
- 4.- Banda Transportadora BT-2
- 5.- Planta de Desempolvado (Filtro de Mangas de Secador)
FM-1

Para poder ubicar estos equipos se debe tener las dimensiones del edificio, del silo de almacenamiento, la banda de despacho del material y la ubicación del elevador.

MOLIENDA DE PUZOLANA

En la figura 2.4 se muestra el proceso del sistema de molienda de puzolana.

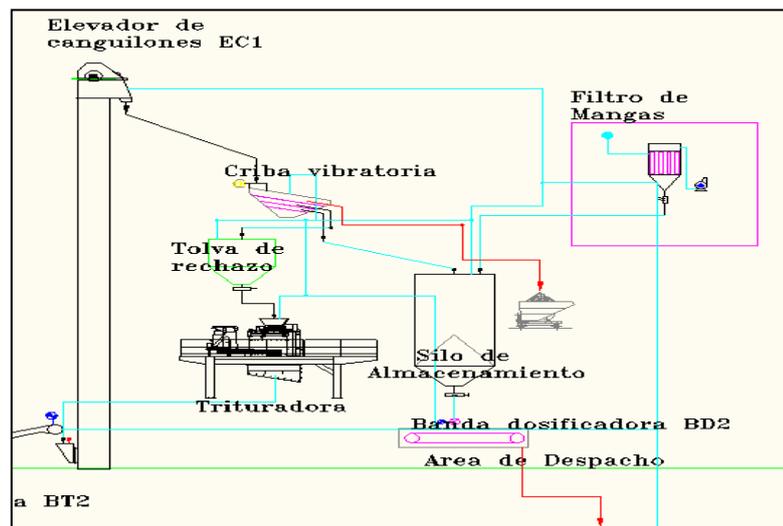


FIGURA 2.4 SISTEMA DE MOLIENDA DE PUZOLANA¹

Para optimizar espacio los equipos de elevación y transporte del proyecto de molienda se instalaron en un edificio, el número de pisos va a definirse posteriormente. La altura del edificio está relacionada con la altura del silo de almacenamiento de producto terminado ya que del edificio abastece al silo de material.

Partiendo de la Fig. 2.4 el elevador es el punto más alto del edificio ya que este descarga a la criba y esta a su vez al silo o a la trituradora, con este dato se definió la ubicación del elevador.

El primer equipo que se ubica en los proyectos corresponde al proyecto de molienda y se encuentra en el lado derecho del plano, el izquierdo corresponde al proyecto de secado.

El segundo paso fue definir el área de despacho del producto terminado, esta vía es dada por el cliente y se muestra en la figura 2.5.

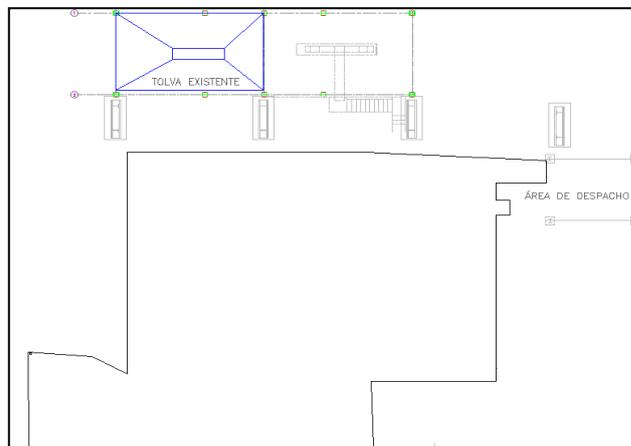


FIGURA 2.5 ÁREA DE DESPACHO¹

El área de despacho es un dato imprescindible para dar comienzo al layout del proyecto.

A continuación se define la ubicación del edificio y del secador, que son las estructuras más importantes del proyecto.

El secador es de 30 TPH secas, con este dato se realizó las cotizaciones a los proveedores los cuales enviaron planos describiendo las dimensiones tanto del quemador como del secador.

En la figura 2.6 se presenta el plano del secado y quemador que fue enviado por el proveedor, las medidas que tiene este plano fueron tomadas en cuenta para la realización del layout de la planta de secado.

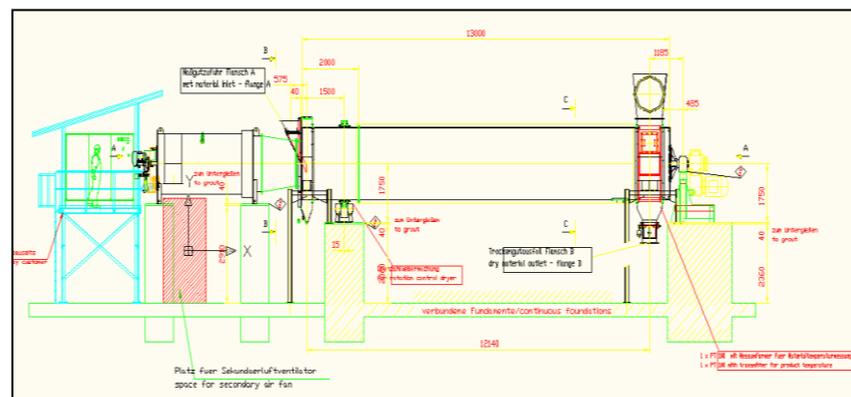


FIGURA 2.6 PLANO DE SECADOR – QUEMADOR⁹

⁹ Plano enviado por el proveedor, Planos A

En los Planos A se presenta el plano del secador enviado por el cliente. Las dimensiones del edificio fueron definidas con ayuda de estructuras de molienda fabricados para otros proyectos, con la ayuda de estos datos se pudo tener una idea de las dimensiones del edificio, del cual posteriormente se realizará el diseño.

Con estos datos se pudo encontrar la ubicación más óptima para las dos estructuras con las cuales se logra continuar la construcción del layout.

En la figura 2.7 se presenta el área del edificio y secador ubicados en el plano de la planta.

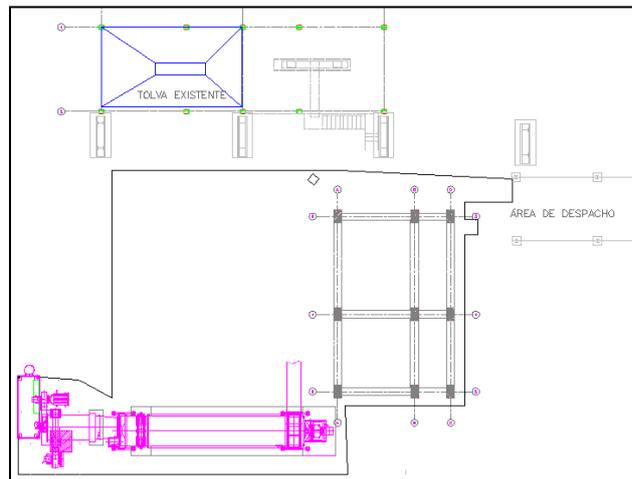


FIGURA 2.7 ÁREA DEL EDIFICIO Y SECADOR.¹

Silo de Almacenamiento.

En la figura 2.8 se presenta dentro del plano de la planta la ubicación del silo del almacenamiento.

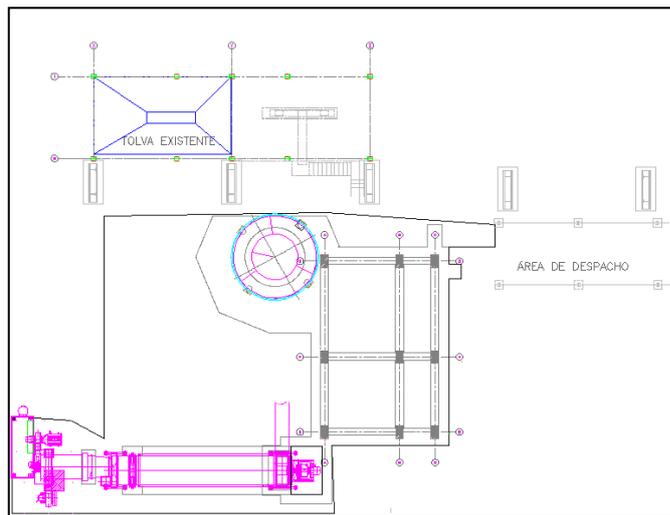


FIGURA. 2.8 ÁREA DEL SILO DE ALMACENAMIENTO¹

El área que se ha tomado en consideración para la instalación del silo se debe a la cercanía con el edificio y con el área del despacho ya que la conexión con estos equipos es importante para darle continuidad al proceso.

Tomando en cuenta estas características se decidió ubicar el silo en la posición presentada en la figura 2.8, esta área se consideró la más conveniente para este equipo.

Criba Vibratoria

En la figura 2.9 se presenta la ubicación del la criba dentro del plano del proyecto.

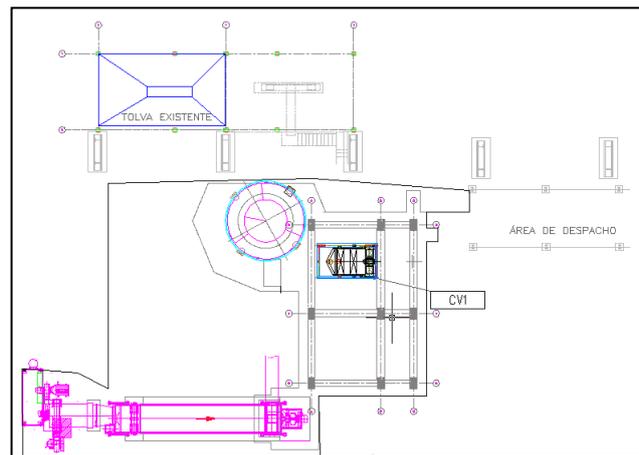


FIGURA 2.9 ÁREA DE LA CRIBA VIBRATORIA¹

La ubicación de la criba se definió posterior al silo ya que la criba descarga directamente al silo el producto seco y molido, el modelo de la criba fue definida por el proveedor con los datos enviados de capacidad y espesor de material deseado.

Elevador de Cangilones

En la figura 2.10 se presenta la ubicación del elevador de cangilones dentro del plano del proyecto.

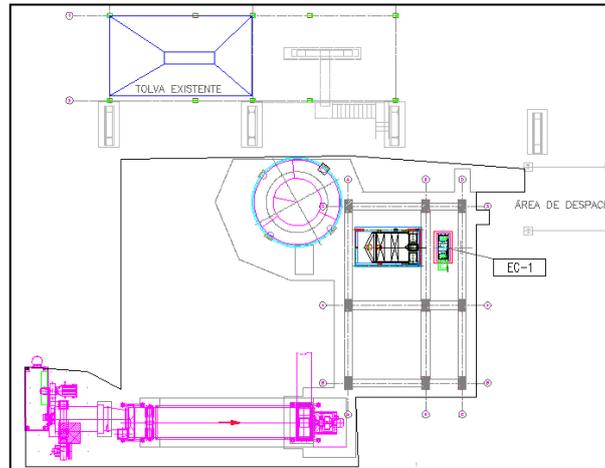


FIGURA 2.10 ÁREA DEL ELEVADOR DE CANGILONES¹

Siguiendo el proceso para el layout, se debe definir la ubicación del elevador de cangilones, este equipo debe ir a lo largo del edificio ya que transporta el material desde el nivel + 0 hasta el último nivel para ser descargado en la criba, por este motivo se ha localizado el elevador en la parte posterior de la criba para evitar movilizar el material largas distancias. En la figura 2.10 se presenta la ubicación del elevador de cangilones dentro del edificio.

Banda Dosificadora BD-1

La banda dosificadora es el equipo que se encarga de dosificar el material que va a ingresar al sistema, este equipo debe estar

ubicado bajo la tolva de puzolana existente, la cual se presenta en la figura 2.11.

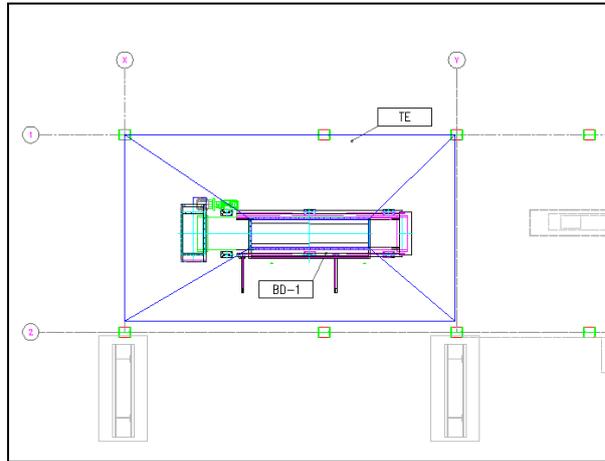


FIGURA 2.11 BANDA DOSIFICADORA BD-1

Para poder realizar la instalación de la banda dosificadora BD-1 fue necesaria la modificación de la tolva existente o tolva de puzolana húmeda TE.

El sistema de bandas fue cotizado por metros lineales y la capacidad en toneladas por hora, por tal motivo al proveedor se le presentó una medida exacta de la banda para que nos realice la cotización de la misma.

Según el balance de masas realizado en el capítulo 1 la banda debe de ser de 4 – 40 TPH. (Toneladas por hora), la longitud de la misma se la encuentra al realizar los planos, en este caso la

longitud de la banda es de 6,3 metros, esta medida fue obtenida del plano.

Banda Transportadora BT-1

En la figura 2.12 se presenta la ubicación de la banda transportadora BT1.

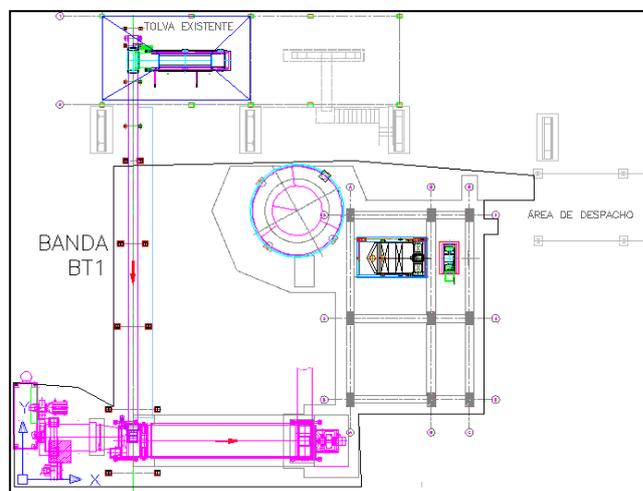


FIG. 2.12 BANDA TRANSPORTADORA BT-1¹

Para la movilización del material desde la banda dosificadora hasta el secador es necesaria una banda transportadora. Las medidas de esta banda son obtenidas mediante el plano, la banda tiene una longitud de aproximadamente 28 metros lineales, con esta medida se pedirá la cotización al proveedor, las bandas transportadoras no son equipos de importación son de proveedores locales, el diseño de estas bandas se realizará en los siguientes literales de este capítulo, teniendo este diseño se pudo pedir la cantidad de rodillos

de transporte y de carga necesarios para la fabricación de las bandas.

BANDA TRANSPORTADORA BT2

En la figura 2.13 se presenta la ubicación de la banda transportadora BT2 dentro del plano del proyecto.

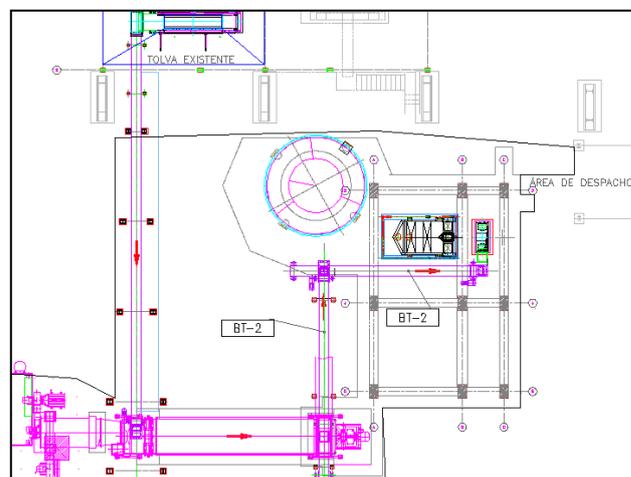


FIGURA. 2.13 BANDA TRANSPORTADORA BT2¹

La banda transportadora BT2 debe movilizar el material seco desde el secador hasta el elevador de cangilones, para llegar al elevador se deben instalar dos bandas en forma de L invertida ya que el elevador se encuentra dentro del edificio en un punto imposible de llegar con una banda lineal.

La banda transportadora BT2 mostrada en la figura 2.13 al igual que en la BT1 se compone de elementos adquiridos a proveedores locales y el diseño se lo realizará en los siguientes literales.

PLANTA DE DESEMPOLVADO

En la figura 2.14 se presenta la ubicación del filtro de desempolvado propuesto por el proveedor, enviado con las medidas del equipo y de los ductos necesarios para la conexión con el secador.

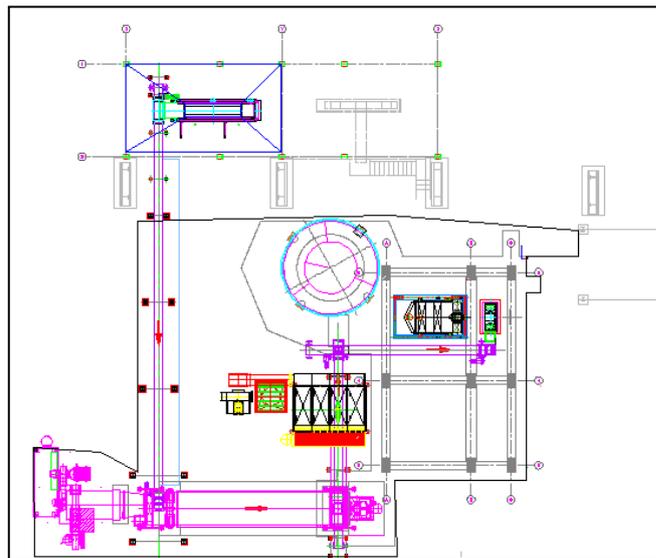


FIGURA 2.14 PLANTA DE DESEMPOLVADO (FILTRO DE SECADOR).¹

La planta de desempolvado o filtro de mangas es un equipo necesario para evitar la pérdida de material hacia el ambiente y también evitar la polución dentro del área del proyecto.

El filtro es un equipo especial debido a que los gases con los que va a trabajar son los provenientes del secador y estos se encuentran a altas temperaturas.

Los datos que son enviados al proveedor son principalmente la capacidad de trabajo del secador, con este datos el proveedor nos presentó el equipo con la capacidad y características adecuadas para la realización del trabajo de desempolvado.

La cotización del filtro fue la última en solicitarse ya que es un equipo para el cual se necesita la distribución de la planta con medidas exactas, esto se da debido a que el proveedor envía también los planos de los ductos de conexión al secador, los cuales son muy importantes.

BANDA DOSIFICADORA BD2

En la figura 2.15 se presenta la ubicación de la banda dosificadora BD2.

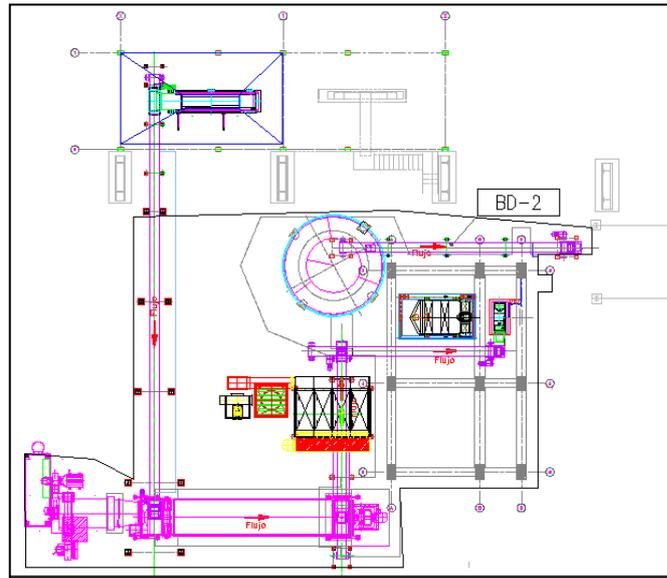


FIGURA 2.15 BANDA DOSIFICADORA BD2¹

La Banda dosificadora BD2 es la banda de despacho del material, se debe utilizar una banda dosificadora para medir el material que es despachado. Las medidas de esta banda son tomadas de los planos, y con estas medidas es solicitada la cotización al proveedor.

Este es el último componente del layout de la planta de secado y molienda, los equipos que no se han determinado la ubicación como por ejemplo la trituradora, el filtro de molienda, y demás se ubicaron dentro del edificio es por este motivo no son visibles en el layout ya terminado.

En la figura 2.16 se presenta el layout completo de la planta de secado y molienda de puzolana.

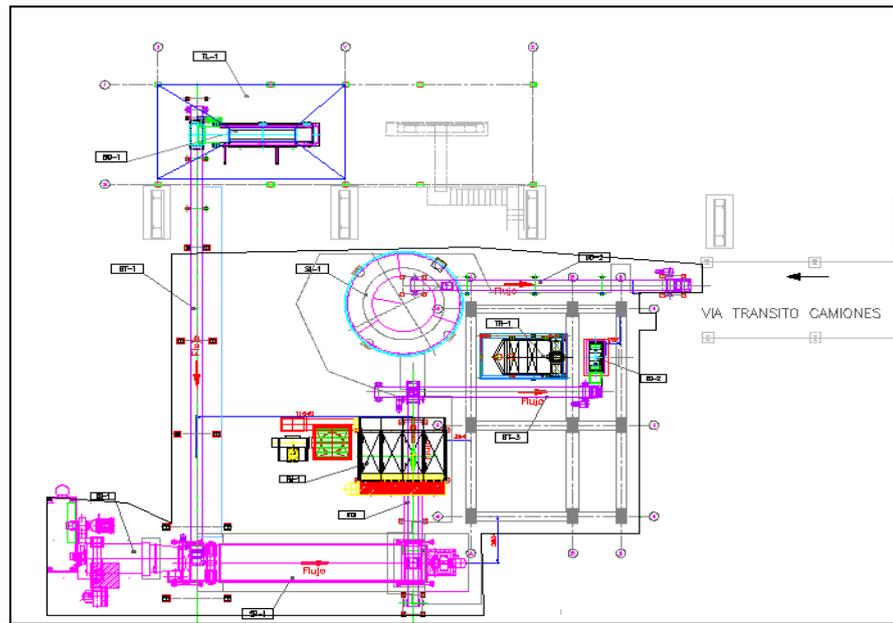


FIGURA 2.16 LAYOUT DE LA PLANTA DE SECADO Y MOLIENDA.¹

En el layout de la planta en una vista superior en donde se muestra la ubicación de cada de los equipos tanto los importados como los de nacionales, a continuación se presentará la determinación de cada uno de los equipos.

2.2 Determinación de Equipos Propuestos.

Es este literal se va a determinar las características técnicas de los equipos del proyecto de secado y molienda de puzolana, las capacidades obtenidas en el capítulo 1 fueron enviados a los

proveedores, ellos enviaron las respectivas cotizaciones y descripciones técnica de los equipos.

Se va a realizar una división del proyecto, como se ha hecho anteriormente, en dos proyectos secado de puzolana y molienda de puzolana esta división se efectúa para realizar un trabajo más detallado con cada uno de los equipos.

Dentro de los Proyectos se van a definir y dar características técnicas de los equipos importados, los equipos de fabricación local, los equipos más importantes del proyecto van a ser diseñados y seleccionados en literales posteriores.

A continuación se va a presentar las características de los equipos:

SECADO DE PUZOLANA

1. Banda dosificadora BD1

Debido a que el sistema se diseñó para 40 TPH, las medidas y características principales que debe cumplir el proveedor para la correcta compra de esta banda son las siguientes:

Tipo de material: Puzolana

Granulometría del material: 0 – 80 mm

Densidad del material: 0,7 t/m³

Temperatura máxima de material: 35 °C

Capacidad mínima de carga: 4 TPH

Capacidad máxima de carga: 40 TPH

Longitud de banda: 8000 mm

Estas características fueron enviadas a los diferentes proveedores de bandas, el proveedor que cumplió con las características especificadas anteriormente con uno de los mejores precios fue PFISTER, esta compañía es Alemana y se dedica a la fabricación de todo tipo de bandas, las características enviadas por el proveedor de la banda se las presentada en la figura 2.17.

<u>TECHNICAL SPECIFICATION</u>	
<u>1 BELT WEIGHFEEDER, TYPE PFISTER D100/5.1-8000 R</u>	
for continuous gravimetric feeding of bulk material.	
The dosing belt weighfeeder extracts the bulk material out of the local silo.	
<u>Material data:</u>	
bulk material	: Pozzolane
grain size	: 0 - 80 mm
bulk density	: 0,7 t/m ³
moisture	: max. 15 %
temperature	: max. 40°C
flow characteristics	: assumed sticky assumed suitable for direct extracting
<u>Feedrates:</u>	
feedrate max.	: 40,0 t/h
feedrate min.	: 4,0 t/h
<u>Technical data</u>	
BB = belt width	: 1000 mm
AA = distance centre pulleys	: 8000 mm
EA = distance centre in-/outlet	: approx. 7500 mm
AC-motor power	: approx. 1,5 kW
Protection class of motor	: IP 54
weight cpl.	: approx. 2800 kg

FIGURA 2.17 DESCRPCIÓN TÉCNICA BANDA DOSIFICADORA PFISTER¹⁰

¹⁰ Cotización enviada por el PFISTER.

En la figura 2.18 se presenta un diagrama de la banda y dos figuras de bandas similares ya en funcionamiento en otros establecimientos.

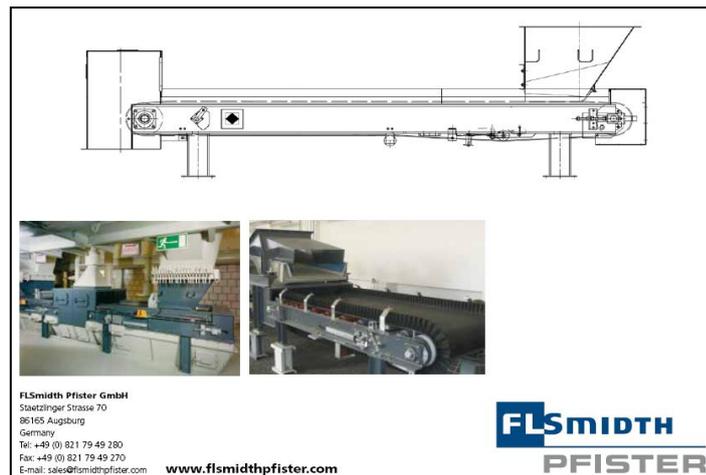


FIGURA 2.18 BANDA DOSIFICADORA PFISTER³

En la figura 2.19 se presenta una fotografía de la banda dosificadora PFISTER que se instaló para el proyecto de secado de puzolana, en la figura se observa una banda pre-montada o puesta en sitio para culminar el montaje de la misma hace falta la instalación de un pin-gate que será el encargado de dotar el material para que este no se precipite de golpe desde la tolva hasta la banda y así evitar daños prematuros e innecesarios en la banda.



FIGURA 2.19 BANDA DOSIFICADORA SECADO DE PUZOLANA.¹¹

2. Banda transportadora BT1

La banda transportadora BT1 es la encargada de transportar la puzolana desde la banda dosificadora hasta el secador, el material que se transporta por esta banda es húmedo por lo tanto el peso es más elevado que para el resto de la bandas de los proyectos.

La banda BT1 es de adquisición local, se realizó los pedidos de rodillos de transporte o superiores, rodillos de retorno, rodillos pesadores, rodillos de presión, tambores de cola y motriz. El número de elementos es determinado según la longitud y peso de la banda, la estructura metálica fue fabricada localmente.

¹¹ Fotografía en sitio.

En la figura 2.20 se presenta el plano de la banda BT1 que transporta el material húmedo desde la banda dosificadora BD1 hasta el secador. Esta banda consta de los siguientes elementos:

- 1 Tambor de cola
- 1 Tambor motriz
- 6 Rodillos de carga
- 10 Rodillos de retorno
- 20 Rodillos superiores o de transporte

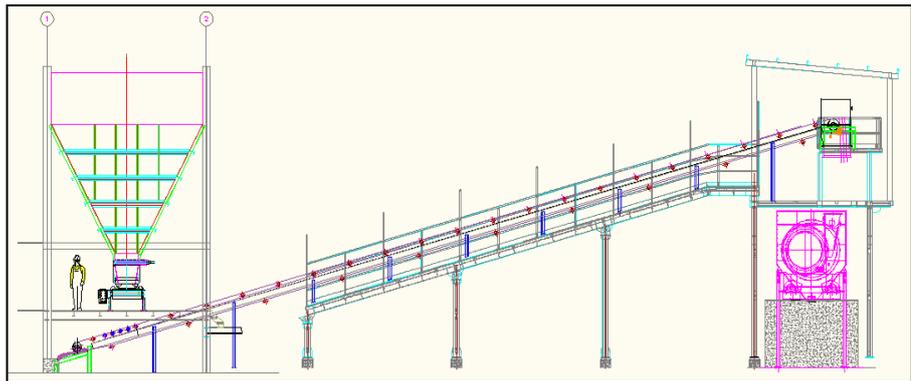


FIGURA 2.20 PLANO DE BANDA TRANSPORTADORA BT1¹

Los detalles técnicos de que debe cumplir la Banda son los siguientes:

Tipo de Material: Puzolana

Inclinación: 16°

Caudal: 40 TPH

Ancho de Banda: 600 mm

Granulometría: 500 mm max.

Densidad de material: 0.7 t/m³

Humedad del material: 15% max.

El detalle fue enviado al proveedor SCHENCK PROCESS, quien ofrece uno de los mejores costos del mercado y un tiempo de entrega más asequible conforme con el cronograma del proyecto.

En la figura 2.21 se presenta los detalles técnicos de la banda BT1, con el proveedor SCHENCK PROCESS se llegó a un buen acuerdo negociando todas las bandas del proyecto.

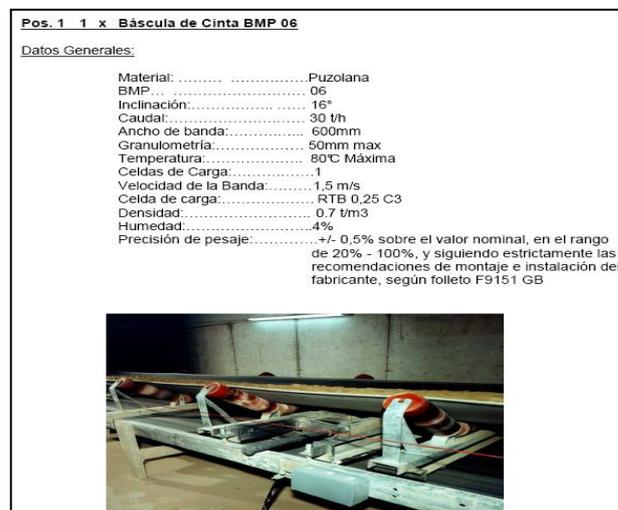


FIGURA 2.21 DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE BANDA TRANSPORTADORA BT1¹²

¹² Cotización enviada por SCHENCK PROCESS

3. Filtro del secador FM1

El filtro de mangas del secador es un equipo especial ya que debe extraer la pluviosidad del ambiente, dentro y alrededor del secador, el mismo que trabaja a temperaturas de hasta 150 °C, este equipo debe resistir altas temperaturas. Las características principales que debe de cumplir este filtro son las siguientes:

Material: Puzolana

Densidad de material: 0,85 t/m³

Temperatura climática: 0-35 °C

Carga de Trabajo del secador: 30 TPH

Temperatura de secador: 130°C – 150 °C

Altitud: 2800 m.s.n.m

Esta información fue enviada a los proveedores los cuales respondieron con algunas alternativas de filtros para el sistema de secado, el filtro que se seleccionó fue el del proveedor SCHEUCH de procedencia Alemana, se realizó la selección de este proveedor debido a las características del equipo, las cuales se cumplían a cabalidad además los tiempos de entrega eran los necesarios para la realización del proyecto y el precio estaba dentro del presupuesto asignado para este equipo.

Las características técnicas ofrecidas por el proveedor son las presentadas en la figura 2.22.

1 pcs Dedusting plant for dryer - 52.000 Am³/h	
Material:	Puzzolane
Bulk density:	0,85 t/m ³
Elevation:	2800 m above sea level
Wind-speed max:	110 km/h
Seismic requirements:	CPE INEN 5 Ec. Code, Zone II, Soil Type: S1, Seismic Importance Factor 1.0,
Climatic conditions:	0 - 35 °C
Dryer capacity:	30 t/h
Water evaporation:	3880kg/h
Exhaust air temp.:	130 - 150 °C
Theoretic. Acid dew point:	120°C
Water dew point:	65°C
Exhaust air volume:	21.200 Nm ³ /h (standard conditions)
Exhaust air volume:	52.000 Am ³ /h (at + 2800 m)
Electric power supply:	480 V / 60 Hz
The dedusting plant is consisting of:	

FIGURA 2.22 DESCRPCIÓN TÉCNICA FILTRO DE SECADO¹³

Dentro de los datos enviados por el proveedor incluyen todas las piezas y partes necesarias para el montaje del filtro del Secador.

En la figura 2.23 se presenta una fotografía del Filtro del Secador ya instalado, este filtro lleva un cubierta de aislamiento térmico para evitar la transferencia de calor con el medio, además tiene una chimenea para la expulsión de los gases calientes.

¹³ Cotización enviada por SCHEUCH.



**FIGURA 2.23 FOTOGRAFÍA DEL FILTRO DEL
SECADOR¹⁴**

MOLIENDA DE PUZOLANA

1. Elevador de cangilones EC1

Un elevador de cangilones es un equipo que sirve para transportar el material de forma vertical desde un nivel bajo hasta un nivel más alto, en el caso del presente proyecto, el material es transportado desde un nivel cero hasta un nivel superior.

Siguiendo el diagrama de flujo el material seco debe ser triturado, para cumplir con esto debe ser transportado desde la banda transportadora BT2 hasta la criba que se encuentra

¹⁴ Fotografía en sitio del Filtro de Desempolvado.

dentro del edificio de molienda, la ubicación de la criba dentro del edificio es en uno de los niveles más altos.

Capacidad: 120 TPH

Material: Puzolana

Densidad de material: 1.0 t/m³

Longitud del elevador: 27 m CC (De centro a centro)

Estos datos fueron enviados a algunos proveedores para que con estos coticen un equipo que se ajuste a las condiciones que son necesarias para el proyecto.

Los detalles técnicos presentados en la figura 2.24 son los enviados por el proveedor AUMUND de Alemania, este fue el proveedor escogido para la adquisición del elevador ya que este cumple con los tiempos de entrega necesarios para el proyecto, con las especificaciones técnicas y a un costo que se encuentra dentro de los presupuestado para en el proyecto.

Item 1.0 1 AUMUND-Chain Bucket Elevator BW-Z 560/320/4/4, CC = 27.0 m	
high velocity type with central chain AU-04.2	
Conveying material:	Clinker, Gypsum, Puzzolane
Conveying capacity:	320 t/h
Bulk density:	1.0 t/m ³ 120
Filling:	78.24 %
Velocity:	1.539 m/s
Scope of Supply:	
Bucket elevator head	complete with drive shaft, dia. 180 mm, 1 drive wheel dia. 790 mm and bearings.
Bucket elevator boot	complete with tail axle, dia. 300 mm, tension wheel dia. 790 mm, bearings and tensioning device.
Bucket strand	with buckets distanced 355,60 mm and central chain AU-04.2 including angular brackets and bucket fixing material. (buckets:local fabricaion).
Bucket elevator casings	as double casings of self-supporting design. (local fabrication)
Assembly casing	above the bucket elevator boot. (local fabrication)
1 speed control	at the bucket elevator boot.
1 Level control	at the bucket elevator boot.
1 2-way diverter gate	geared motor operated P = 0.55 KW with diverter plate, without limit switches for positions.

FIGURA 2.24 DESCRPCIÓN TÉCNICA DEL ELEVADOR DE CANGILONES AUMUND¹⁵

Una vez seleccionado el proveedor se procede con el trámite para la adquisición del equipo.

En la figura 2.25 se presentan los cuerpos del elevador ya instalados dentro del edificio, posterior a esto se realiza el montaje de la cadena con los baldes así como también el cabezal y cola del elevador por donde serán transportado el material.

¹⁵ Cotización enviada por AUMUND

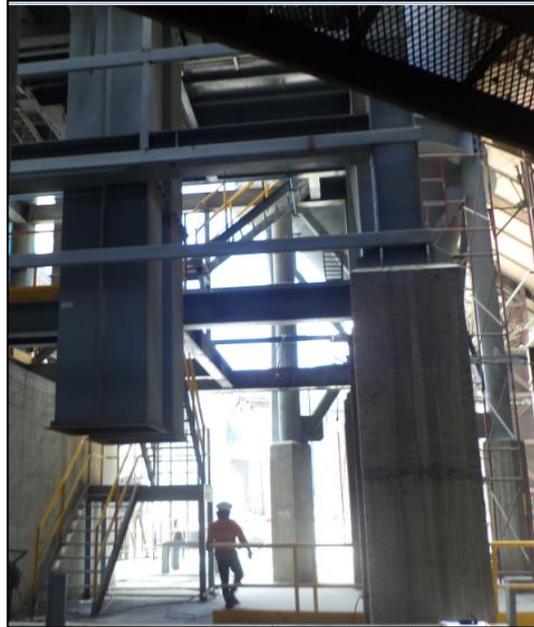


FIGURA 2.25 FOTOGRAFÍA DEL ELEVADOR DE CANGILONES¹⁶

2.3 Cálculo y Dimensionamiento de la Planta.

En el literal 2.1 se determinó el layout de la planta de secado y molienda, con estos datos se pudo obtener el dimensionamiento de la misma, la cual se presenta en la figura 2.26.

¹⁶ Fotografía en sitio del Elevador de Cangilones.

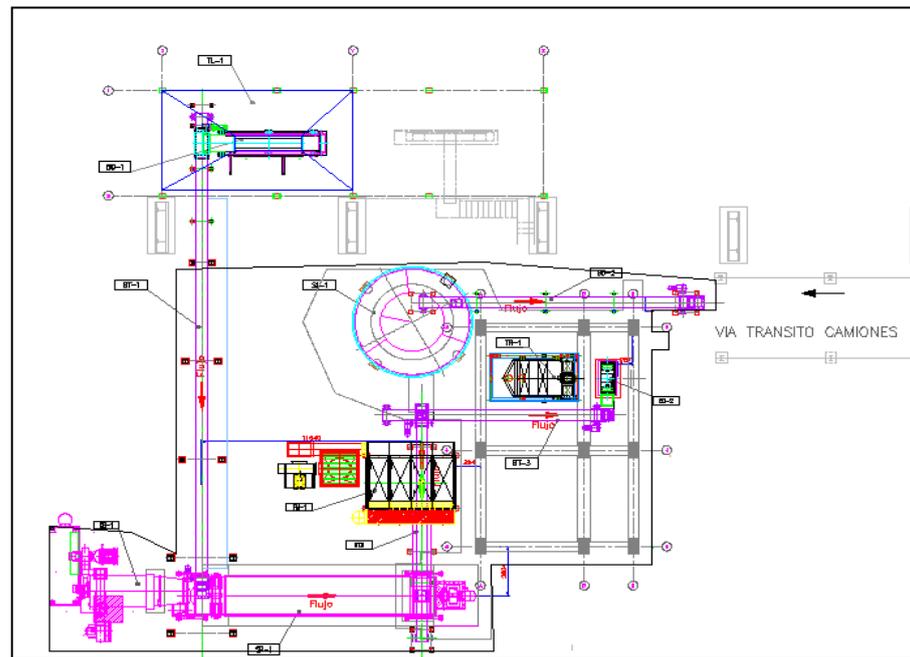


FIGURA 2.26 LAYOUT DE LA PLANTA DE SECADO Y MOLIENDA.

Dentro de la planta se deben incluir vías de acceso, de embarque y desembarque de material las mismas que deben ser designadas dentro del presente literal, además se debe ubicar el área asignado para las oficinas, al obtener estos datos se tiene el dimensionamiento de la planta.

El ancho de una vía es de 7 metros para vías de transporte público¹⁷ considerando el transporte de vehículos pesados que se moviliza dentro de la planta se ha realizado un aumento de 1 metro

¹⁷ <https://www.oas.org/dsd/publications/Unit/oea32s/ch41.htm>

a cada lado de vía, lo que nos da como resultado un ancho de 4.5 metros por carril, este ancho es el mismo que tiene el Área de Despacho ya que este es consta de un solo carril, en el que los camiones deben parquearse de retro para generar las entregas de la puzolana seca y molida.

En la figura 2.27 se presenta la ubicación de las oficinas las mismas que se encuentran en la esquina superior de la planta, al estar en este lugar no interrumpe el acceso a los transportistas y se evitan interrupciones en la vías de acceso a cada una de las áreas.

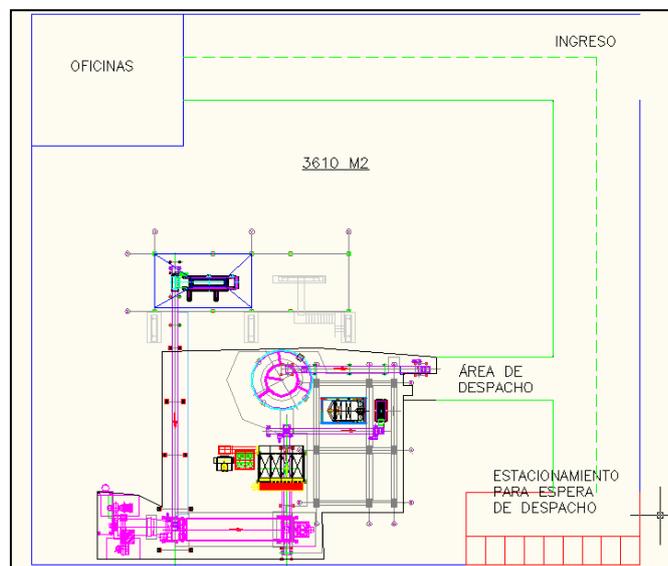


FIGURA 2.27 VISTA SUPERIOR DE PLANTA DE SECADO Y MOLIENDA DE PUZOLANA.

El área total del terreno es de 3610 metros cuadrados, los mismos que abarcan la planta de secado y molienda de puzolana, así como las oficinas y vías de acceso, el terreno es lo suficientemente grande como para realizar ampliaciones futuras.

2.4 Cálculo y Dimensionamiento de la Estructura Principal.

En el área de Molienda se instalaron los equipos dentro de un edificio, debido al área con la que se contó para el proyecto y debido a la factibilidad para la distribución de los equipos.

Dentro del edificio de molienda se distribuyeron los siguientes equipos:

- Elevador de Cangilones.
- Criba.
- Trituradora.
- Banda Transportadora.
- Filtro de Mangas.
- Tolva Pulmón.

A continuación se muestra la distribución de los equipos para así obtener los detalles necesarios para el diseño de la estructura.

La longitud del elevador fue un dato fundamental para obtener la altura del edificio, en este caso el elevador mide 27 metros de centro a centro, con este datos se puede saber que el edificio tiene una altura superior a esto, teniendo en cuenta que el elevador tiene una altura de 28,5 metros incluyendo el sistema de mantenimiento para el motor del cabezal, con lo cual se concluye que el edificio tendrá una altura mayor incluyendo el techo.

Para definir la distribución de los equipos dentro del edificio nos dirigimos con el diagrama de flujo del proyecto de molienda de puzolana presentado en la figura 2.28.

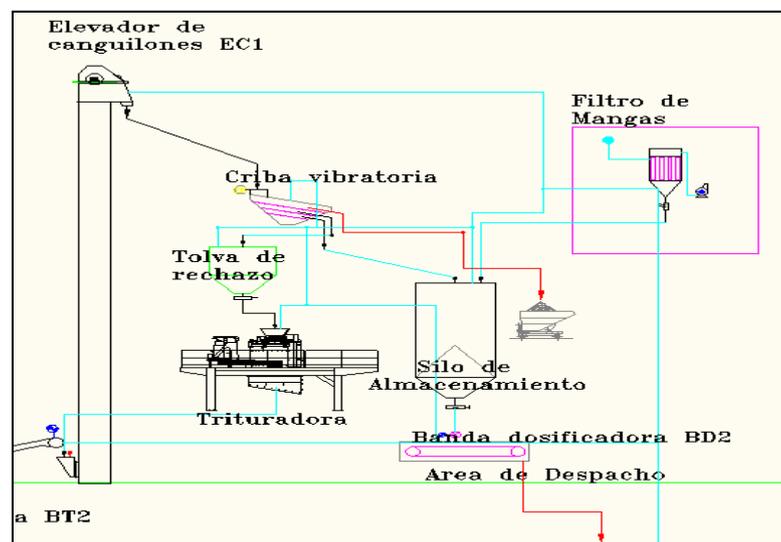


FIGURA 2.28 DIAGRAMA DE FLUJO DE MOLIENDA DE PUZOLANA.¹

El elevador es un equipo que se instaló dentro del edificio pero que es anclado al piso, para evitar elevar la banda de descarga proveniente del secador.

El material luego de ingresar al elevador es depositado en la criba tomando en cuenta esto la criba debe estar ubicada en un nivel más abajo del elevador.

Desde la criba se reparte el material hacia el silo de almacenamiento, hacia la tolva de rechazo y hacia el depósito del material de rechazo. En el caso de la tolva de rechazo se va a instalar dentro del edificio por lo que debe estar en un nivel inferior al de la criba, hasta aquí van tres niveles que tiene el edificio.

En el siguiente nivel se debe ubicar la trituradora además de esto se debe definir la ubicación para el filtro de mangas.

El silo de almacenamiento tiene una altura de 19,8 metros aproximadamente, con este dato se puede definir la ubicación de la criba dentro del edificio ya que debe estar 4 metros aproximadamente sobre el silo, o a un ángulo de 45° para poder realizar la descarga. Con este dato se puede definir que la criba está ubicada en el nivel +23,180 metros.

Teniendo en cuenta que la triturada debe ubicarse adyacente al elevador para evitar que el material obtenga altas velocidades de descargar, se debe ubica la trituradora a una diferencia de nivel de 7 metros para que no se produzca desgastes excesivos en la tubería de descarga. La trituradora es el primer equipo que se debe ubicar dentro del edificio, ya que si se da una diferencia de 7 metros entre la descarga del elevador y la trituradora, la trituradora se ubicaría en el nivel 8 aproximadamente.

Las bases de hormigón que forman el cuarto eléctrico son de 3 metros, lo cuales forma el primer nivel del edificio, en el segundo nivel del edificio está ubicada la trituradora, en el nivel + 8.610, sobre este nivel se ubica la tolva de rechazo lo que formaría el tercer nivel a 4,2 metros del segundo nivel, lo cual nos da como resultado que la tolva se encuentra en el nivel + 12.810, la tolva recibe el material desde la criba la misma que se encuentra en el nivel + 23.180 a una diferencia de niveles de 7.180 metros, la tolva mide aproximadamente 4 metros, para el mantenimiento de la tolva se construyó un nivel que es el nivel +17,160, desde este nivel existen 5 metros de diferencia hasta el nivel de la criba, entre estos niveles se construyó un nivel para facilitar el mantenimiento y la

instalación de la válvula del filtro de mangas, además servirá para la instalación de algunos controles electrónicos.

El filtro de mangas mide aproximadamente 9 metros, este debe instalarse dentro del edificio los ductos deben repartirse a todos los equipos, especialmente en los equipos que generan mayor polución como lo son la criba y la trituradora, la ubicación del filtro dentro del edificio está definida en los siguientes literales, pero debe estar en una posición donde los ductos de desempolvado tengas una inclinación de 60° , es este caso se define que el filtro está ubicado en el mismo nivel de la criba, el ducto de descarga del filtro se realizó al elevador de cangilones, debería realizarse al silo de almacenamiento, pero debido a la distancia existente entre estos equipos se decidió realizar la descarga al elevador de cangilones. Para el funcionamiento del filtro es necesario un ventilador, el cual está ubicado en el nivel +12.810 el mismo nivel de la tolva de rechazo.

Se obtiene un edificio de siete niveles dentro de los cuales se distribuyen los equipos de la siguiente manera:

Planta Baja:

- Cuarto eléctrico
- Elevador de Cangilones

Primer nivel + 3.950

Segundo nivel +4.150:

- Elevador de Cangilones

Tercer nivel +8.610:

- Trituradora
- Elevador de cangilones

Cuarto nivel + 12.810:

- Tolva de rechazo
- Ventilador del filtro
- Elevador de cangilones

Quinto nivel + 17.160:

- Elevador de cangilones

Sexto nivel + 19.860:

- Elevador de cangilones
- Filtro de mangas

Séptimo nivel + 23.180:

- Elevador de cangilones
- Criba
- Filtro de Mangas

Octavo nivel + 26.583:

- Elevador de cangilones
- Filtro de mangas

Noveno nivel + 31.939

- Cubierta.

Con esta distribución se puede obtener la división de los niveles, ubicando también las escaleras y plataformas de piso correspondientes.

A continuación se presenta la distribución de los niveles de manera gráfica para mejor visualización.

En la figura 2.29 se presenta la distribución del segundo nivel del edificio de molienda.

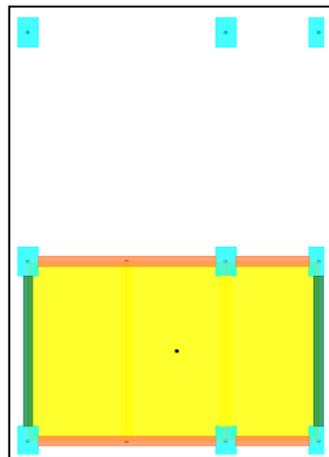


FIGURA 2.29 SEGUNDO NIVEL +4.150

En la figura 2.30 se presenta la distribución de los niveles tercero y cuarto del edificio de molienda.

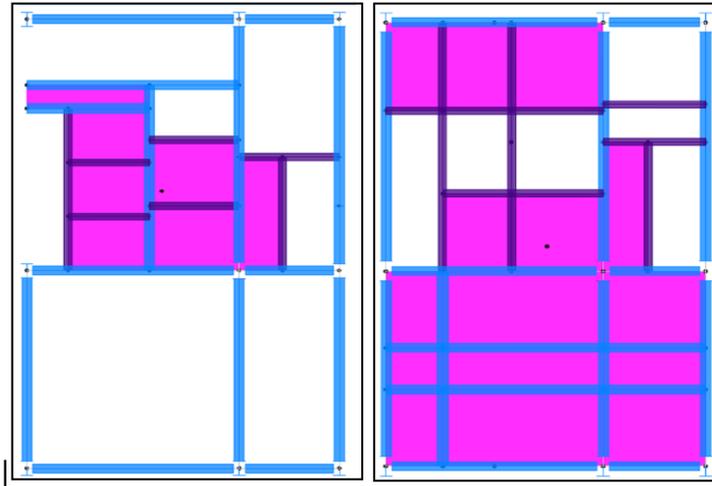


FIGURA 2.30 TERCER NIVEL +8.610 Y CUARTO NIVEL + 12.810

En la figura 2.31 se presenta la distribución de los niveles quinto y sexto del edificio de molienda.

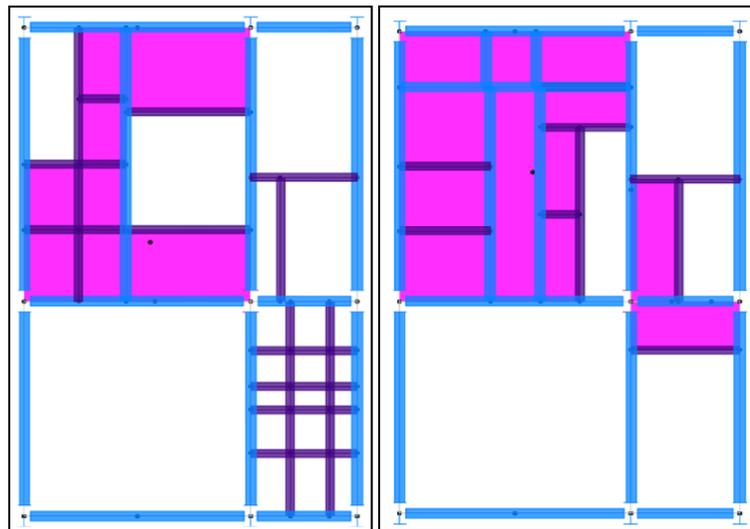


FIGURA 2.31 QUINTO NIVEL + 17.160 Y SEXTO NIVEL + 19.860

En la figura 2.32 se presenta la distribución de los niveles octavo y noveno del edificio de molienda.

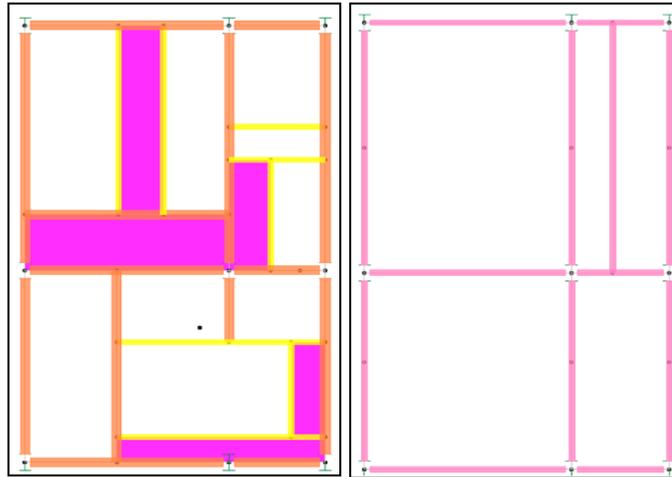
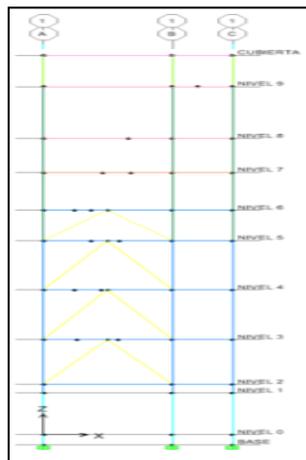


FIGURA. 2.32 OCTAVO NIVEL + 26.583 Y NOVENO +31.930.

En la figura 2.33 se presenta una vista frontal por niveles, el nivel cero es al que se ha denominado planta baja, nivel 1 el que forma el cuarto eléctrico, a partir del segundo nivel se fabricó con estructura metálica por lo cual a partir del segundo nivel cuenta en la distribución anterior como nivel + 8.610.



**FIGURA 2.33 VISTA FRONTAL DEL EDIFICIO DE
MOLIENDA.**

Hasta el momento se ha realizado la distribución de los equipos dentro del edificio, lo mismo que nos ayuda a determinar donde se presentan las cargas, para así diseñar las vigas y columnas del edificio.

Para el diseño estructural de los elementos de acero se utilizó:

- AISC 360-05: Specification for Structural Steel Buildings
- AISC 341-05: Seismic Provisions for Structural Steel Buildings
- Los cálculos se realizaron con la ayuda del programa SAP2000.

Para la aplicación de las cargas incluyendo la carga sísmica se utilizó:

- CEC 2001: Peligro Sísmico, espectros de diseño y requisitos mínimos de cálculo para diseño sismo resistente – Código Ecuatoriano de la Construcción.
- ASCE 7-05: Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures – American Society of Civil Engineers.

La estructura consiste en un sistema de pórticos espaciales resistentes a momentos en las direcciones X e Y, adicionalmente, en la dirección X se colocaron contravientos concéntricos tipo Chevron (V invertida) para rigidizar lateralmente el sistema de pórticos. Se tienen 3 pórticos en la dirección de X y 3 pórticos en la dirección Y.

La edificación consta de 8 niveles más el nivel de cubierta, los contravientos se colocan únicamente desde el primer nivel hasta el quinto nivel.

Las columnas y las vigas de la estructura son perfiles I metálicos, los contravientos son ángulos metálicos y en la parte inferior, las columnas metálicas se apoyan sobre columnas de hormigón armado que están unidos monolíticamente con la cimentación.

En algunas zonas de los niveles existen pisos, en la primera planta el sistema de piso consiste en una losa nervada de hormigón armado, y en los niveles restantes consiste en una plancha metálica antideslizante apoyada sobre nervios metálicos tipo cajón. Todas las conexiones se consideraron resistentes a momento y portal motivo los extremos de todos los elementos transmiten todas fuerzas y momentos.

Materiales y resistencia

Los materiales considerados para el análisis estructural se muestran en la Tabla 7 junto con las propiedades físicas correspondientes.

TABLA 7.
MATERIALES.¹⁸

Materiales	Peso Específico (kg/m³)	Resistencia (kg/cm²)	Módulo de Elasticidad (kg/cm²)	Relación de Poisson
Acero ASTM A36	7850	2500	2 000 000	0.35

ESTADOS DE CARGA Y COMBINACIONES

CARGAS MUERTAS (DL)

¹⁸ Autor

Se utilizó el peso propio de los elementos considerados en el modelo. El software utilizado calcula automáticamente el peso propio en función de la geometría de los elementos y los materiales definidos. Adicionalmente, se consideró una carga muerta de 500 kilogramos por metro cuadrado sobre las losas de todas las plantas correspondiente a todos los equipos que van a ubicarse dentro de la estructura. Las cargas se colocaron como cargas uniformemente distribuidas sobre las losas.

CARGAS VIVAS (LL - LR)

Se consideró una carga viva (LL) de 300 kilogramos por metro cuadrado en las losas de todos los niveles que corresponde a la cargas de ocupación de la estructura. De igual manera, se consideró una carga viva de cubierta (Lr) de 50 kilogramos por metro cuadrado sobre la cubierta. Las cargas se colocaron como cargas uniformemente distribuidas sobre las losas.

CARGAS SÍSMICAS (EX - EY)

Para analizar el comportamiento de la estructura sometida a solicitaciones sísmicas, se realizó un análisis modal espectral mediante la aplicación de un espectro de diseño de aceleraciones. Se utilizó el espectro inelástico recomendado por el Código

Ecuatoriano de la Construcción (CEC 2001) con los siguientes parámetros:

- $Z = 0.25$ Zona sísmica II para la ciudad de Azogues

- S2 Tipo de suelo: suelo intermedio

$$S = 1.2$$

$$C_m = 3.0$$

- $I = 1.0$ Factor de importancia: Otras estructuras

- $R = 3.0$ Coeficiente de reducción inelástica:

Pórticos ordinarios resistentes a momentos compuestos.

- $\phi_e = 1.0$ Factor de irregularidad en elevación

- $\phi_p = 1.0$ Factor de irregularidad en planta

En la figura 2.34 se presentan los datos ingresados en el programa SAP2000 para la obtención de la curva sísmica.

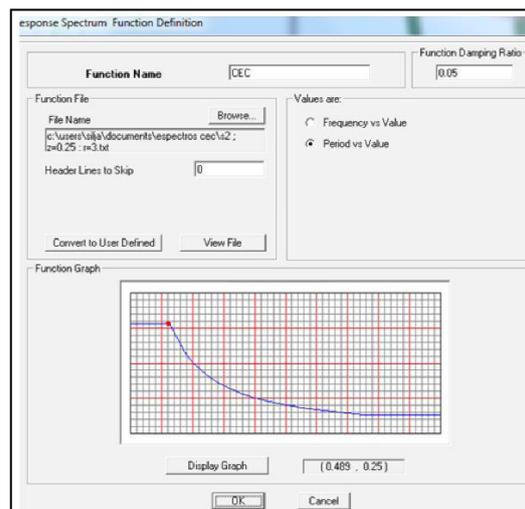


FIGURA 2.34 SISMO CEC¹⁰

En la figura 2.35 se presentan los resultados de arrojos por el programa SAP2000 para las cargas sísmicas en X y Y del todo el edificio.

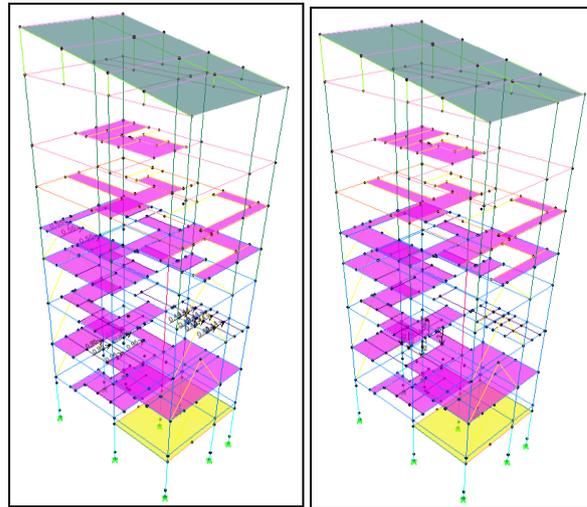


FIGURA 2.35 CARGAS SÍSMICAS EN X Y Y¹⁰

Se utilizó una combinación modal espectral CQC (Complete Quadratic Combination) para la determinación de las cargas sísmicas en las direcciones X y Y. Para cada dirección de análisis (X y Y), se aplicó el 100% de la carga sísmica en la dirección de análisis y adicionalmente el 30% en la dirección perpendicular.

CARGAS DE VIENTO (WX - WY)

Se consideró el efecto del viento en la estructura a una velocidad máxima de 80 kilómetros por hora. Tomando en cuenta que la estructura está recubierta perimetralmente para obtener las áreas

de exposición respectivas. Utilizando la metodología de la norma ASCE 7-05 que calcula las velocidades del viento sobre estructuras, se obtiene una presión uniforme de 30 kilogramos por metro cuadrado. Las cargas se aplicaron como cargas distribuidas sobre las columnas de acuerdo a su ancho de influencia. Para cada dirección de análisis (X y Y), se aplicó el 100% de la carga de viento en la dirección de análisis y adicionalmente el 30% en la dirección perpendicular, estas cargas se presentan en la figura 2.36.

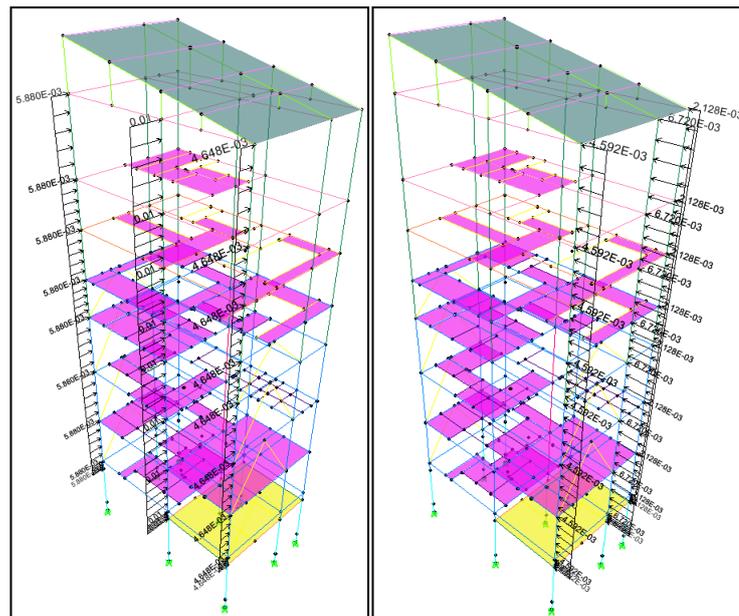


FIGURA 2.36 CARGAS DE VIENTO¹⁰

COMBINACIONES DE CARGAS

Se consideraron las siguientes combinaciones de carga para el diseño de los elementos de acero, las mismas que están de acuerdo a las normas del ASCE 7-05 y AISC 360-05:

- COMB1: $1.2 \text{ DL} + 1.6 \text{ LL}$
- COMB2: $1.2 \text{ DL} + 1.0 \text{ LL} + 1.0 \text{ Ex} + 1.0 \text{ Ez}$
- COMB3: $1.2 \text{ DL} + 1.0 \text{ LL} + 1.0 \text{ Ey} + 1.0 \text{ Ez}$
- COMB 4: $1.2 \text{ DL} + 1.0 \text{ LL} + 1.6 \text{ Wx}$
- COMB 5: $1.2 \text{ DL} + 1.0 \text{ LL} + 1.6 \text{ Wy}$
- ENV: Envolverte COMB1, COMB2, COMB3, COMB4, COMB5

Además, se consideraron las siguientes combinaciones de carga para el cálculo de deformaciones, derivas y revisión de la cimentación:

- COMB6: $1.0 \text{ DL} + 1.0 \text{ LL}$
- COMB7: $1.0 \text{ DL} + 1.0 \text{ Ex}$
- COMB8: $1.0 \text{ DL} + 1.0 \text{ Ey}$

RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTRUCTURAL

Análisis modal

Para el análisis modal se definió la masa participativa igual al 100% de la carga muerta y el 25% de la carga viva. En cada diafragma se

consideró una torsión accidental del 5% según las recomendaciones del CEC 2001.

Se calcularon los primeros modos de vibración de la estructura y sus correspondientes periodos de vibración en el software realizando un análisis modal. Se utilizó el número de modos suficiente de tal manera la masa modal acumulada sea por lo menos el 90% de la masa participativa total en los desplazamientos traslacionales en las direcciones X y Y, según la recomendación del CEC2001.

REVISIÓN Y DISEÑO ESTRUCTURAL

Para el diseño de la estructura se consideran los resultados obtenidos del análisis de todos los estados de cargas, basándose en los valores críticos para flexión, cortante y fuerza axial. Estas fuerzas internas se comparan con las fuerzas resistentes de los elementos que componen la estructura, y de tal manera determinar si son adecuados.

DISEÑO DE VIGAS Y COLUMNAS METÁLICAS

Se diseñaron las vigas cargadoras, las vigas no cargadoras y los nervios del sistema de piso, y se diseñaron las columnas de la

nueva planta alta. Para el cometido anterior, se utilizó el criterio de diseño de la norma AISC 360-05. Las vigas fueron revisadas a flexión y a corte, y las columnas fueron revisadas a flexo-compresión biaxial y corte. Los contra-vientos se revisaron a tracción y a compresión. Finalmente, se realizó los cálculos correspondientes para el diseño de las conexiones.

En la figura 2.37 se presenta el Edificio de Molienda con sus respectivas vigas, columnas y escaleras en tres dimensiones, para poder observar de una mejor manera el resultado del diseño realizado.

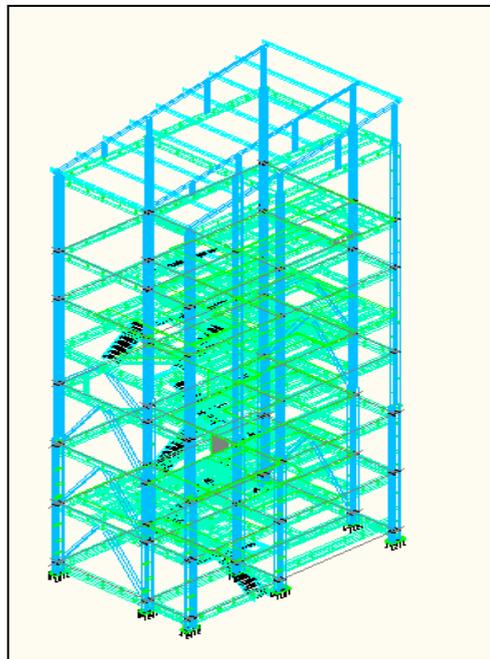


FIGURA. 2.37 EDIFICIO EN 3D¹⁰

Mediante los cálculos presentados anteriormente se encontraron las designaciones necesarias para la fabricación de las vigas, dando como resultado la siguiente lista de vigas y columnas, presentadas en la tabla 8.

TABLA 8
VIGAS Y COLUMNAS DEL EDIFICIO DE MOLIENDA¹⁰

DESIGNACIÓN	VIGAS	COLUMNAS
1ER NIVEL	BEAM 450x10x250 BEAM 400x8x200	COL 400X12X300
2DO NIVEL	BEAM 450x10x250 BEAM 400x8x200	COL 400X12X300
3CER NIVEL	BEAM 450x10x250 BEAM 400x8x200	COL 400X12X300
4TO NIVEL	BEAM 450x10x250 BEAM 400x8x200	COL 300X10X250
5TO NIVEL	BEAM 450x10x250 BEAM 400x8x200	COL 300X10X250
6TO NIVEL	BEAM 450x10x250 BEAM 400x8x200	COL 300X10X250
7MO NIVEL	BEAM 450x10x250 BEAM 400x8x200	COL 300X10X250
8VO NIVEL	BEAM 450x10x250 BEAM 400x8x200	COL 300X10X250
CUBIERTA	CANAL C 200x3x100	CANAL C 200x3x100

2.5 Cálculo y Dimensionamiento del Sistema de Almacenamiento.

Descripción de los Elementos constituyentes del Silo metálico

El silo metálico tiene un diámetro de 6000 mm, siendo las alturas del mismo las siguientes:

- Altura del techo: 0,3 m
- Altura de cuerpo cilíndrico: 9,4 m
- Altura de cuerpo cónico: 5,1 m
- Altura Total del Silo: 14,8 m

El cuerpo del silo se encuentra elevado sobre una estructura de 7.9 m que permite descargar el material mediante una válvula rotatoria que descargará y dosificará a una banda transportadora. El silo será llenado de un material polvoriento, como es el caso de la puzolana seca, desde un elevador de cangilones con una clasificación en las cribas con corte menor a 5 mm, con una densidad de 850 Kg/m² y una temperatura promedio de 80°C dado que es almacenamiento estos datos son obtenidos después de secado el material.

Una vez recibido el producto procesado del secador, transportado por el elevador de cangilones, es enviado hacia un silo de almacenamiento para posteriormente dosificarlo por una banda.

Para el diseño del silo se necesitará los siguientes datos de entrada:

- Capacidad de alimentación del silo: 35 TPH
- Material a almacenar: Puzolana (850 Kg/cm^3)
- Capacidad a almacenar: 200 Ton.

El primer paso para el diseño de la tolva es definir el diseño de forma por lo que tiene los siguientes esquemas a considerar en la figura 2.38

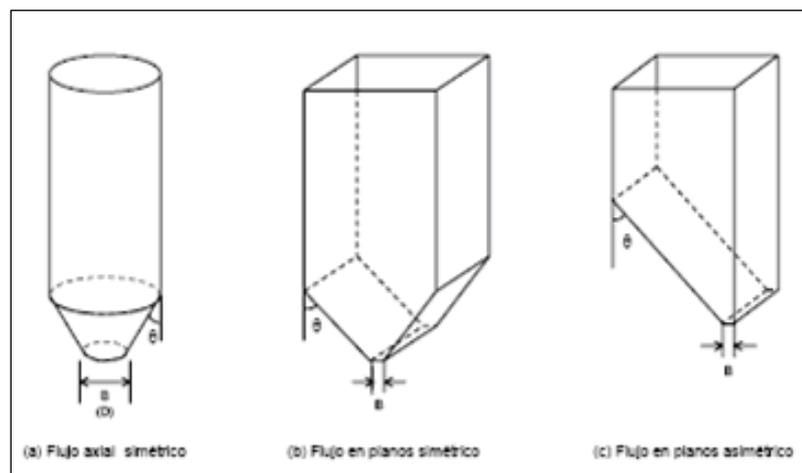


FIG. 2.38 TOLVAS E INFLUENCIAS EN FORMA DE FLUJO

Por espacio físico se va a considerar para el diseño, tolvas axiales simétricas como se muestra en la figura 2.38(a). Luego como se necesita almacenar 200 toneladas de producto, se va a considerar las dimensiones necesarias para la ubicación en el espacio de implantación del proyecto.

El siguiente paso del cálculo es determinar el espesor de pared por lo que se remitirá a las siguientes a la ecuación (2.1) para el cálculo de presión.

$$w = h_p * \rho_{puzolana} \quad (2.1)$$

Donde:

h_p = altura de cuerpo de cilindro del silo = 9,4 m = 940 cm;

$\rho_{puzolana}$ = densidad puzolana = 850 Kg/m³ = 8,5x10⁻³ Kg/cm³

La carga total W también puede ser expresada como la ecuación (2.2)

$$W = w * b * a. \quad (2.2)$$

El desarrollo de la teoría de Bach en la ecuación (2.3):

$$s = \left(\frac{a^2}{a^2+b^2} \right) * \left(\frac{w*b^2}{t^2} \right) \quad (2.3)$$

Donde:

s = Esfuerzo unitario flexionante promedio que actúa n

sobre la placa a través de la diagonal AC (ver figura 2.39)

a= Luz larga entre rigidizadores = $h_p = 9,4 \text{ m} = 940 \text{ cm}$.

b= Luz corta entre rigidizadores

$$\frac{P_{\text{silos}}}{4} = \frac{\pi * D_{\text{silos}}}{4} = 4,71 \text{ m} = 471 \text{ cm}. \quad (2.4)$$

w= carga por unidad de área = $0,80 \text{ Kg/cm}^3$

t= Espesor de placa

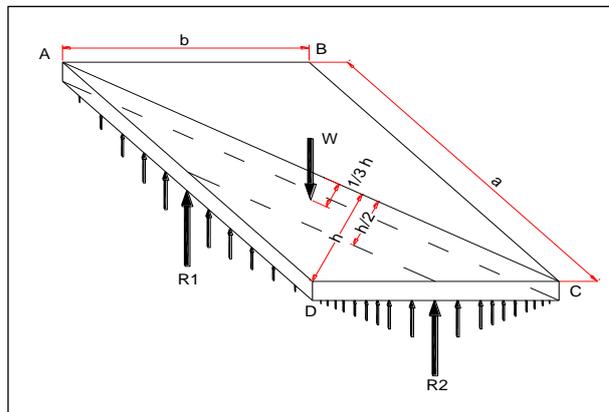


FIGURA 2.39 DIAGRAMA DE ESFUERZOS EN PLACAS.

Y con todos los datos se procede a obtener el espesor crítico:

$$t = 8\text{mm}.$$

Las dimensiones del silo para almacenamiento de la puzolana de producto terminado del secador, se anexa en la Tabla 9.

TABLA 9
DIMENSIONES DE SILO DE ALMACENAMIENTO

Altura cilíndrica	9400 mm
Altura cónica	5100 mm
Diámetro silo	6000 mm
Altura Total	14500 mm
Espesor	8 mm
Distancia rigidizadores	9400 mm
Capacidad	200 Ton
Material	ASTM A36

2.6 CÁLCULO Y DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE DESEMPOLVADO.

Filtros de Cartucho:

Los colectores de cartucho capturan partículas de corriente de aire forzando a través de cartuchos en el que el medio filtrante se fabrica en una configuración plegada, presentada en la figura 2.40 Los colectores de cartuchos se usan típicamente en procesos industriales de menor volumen, con flujos de gases inferiores a 700 m³/h.

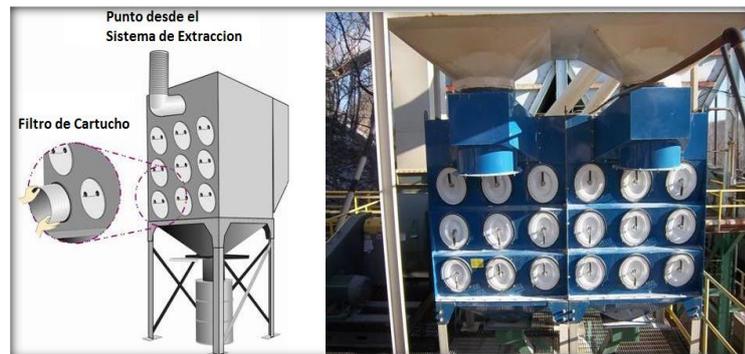


FIGURA 2.40 FILTRO DE CARTUCHOS¹⁹

Entre las ventajas los filtros de cartucho proporcionan altas eficiencias de recolección tanto para partículas de material gruesa como para la de tamaño fino (submicras); el aire de salida del filtro está muy limpio y en muchos casos puede ser recirculado a la planta; La operación es relativamente simple. A diferencia de los precipitadores electrostáticos, los sistemas de filtros de cartucho no requieren de altos voltajes, por lo que su mantenimiento se simplifica y puede recolectarse polvo inflamable con el cuidado apropiado.

Filtros de Mangas:

Las mangas son parte de los llamados filtros por vía seca. Son los filtros o instalaciones para control de contaminación de aire más eficaces ya que permiten cumplir las más estrictas normativas en

¹⁹ **FUENTE:** DUST CONTROL HANDBOOK FOR INDUSTRIAL MINERALS MINING AND PROCESSING; Center for Disease Control and Prevention National Institute for Occupational Safety and Health Office of Mine Safety and Health Research; Andrew B. Cecala; Spokane WA; 2012; p 39.

cuanto a niveles de emisión de partículas sólidas, con un correcto diseño, su utilización no compromete la cantidad ni la calidad de la producción, permitiendo realizar su mantenimiento sin afectar al proceso productivo de la fábrica. El costo de inversión es menor que el de otro tipo de instalaciones. Si tienen las dimensiones adecuadas y el mantenimiento preventivo necesario, los costos de explotación de este tipo de unidades son razonablemente bajos.

Los filtros de mangas son estructuras metálicas cerradas en cuyo interior se disponen los genéricamente llamados elementos filtrantes textiles, que según sea el diseño del constructor, tienen formas tubulares llamados mangas, o bien formas rectangulares y se llaman sacos o bolsas, como se muestran en la figura 2.41. Generalmente las mangas están dispuestas en el filtro en posición vertical. El aire/gas cargado de sólidos es forzado a pasar a través del textil, sobre el que se forma una capa de polvo que separa las partículas sólidas del aire/gas.

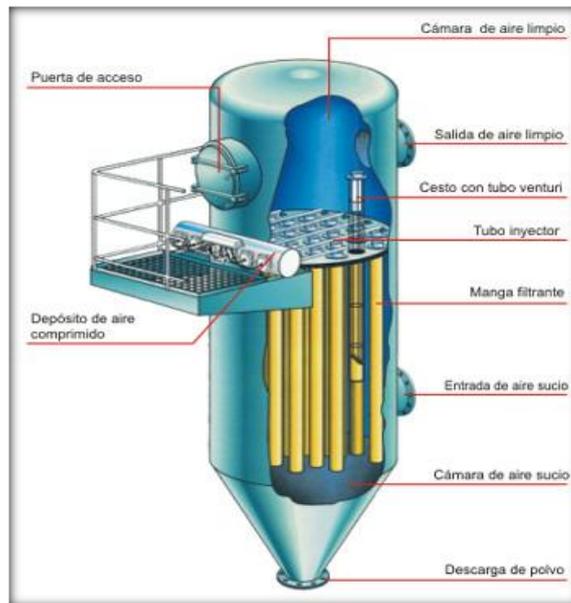


FIGURA 2.41 FILTRO DE MANGAS²⁰

Las mangas se limpian periódicamente en el interior del filtro por medio de un sistema de limpieza que varía según el diseño del constructor.

En la Tabla 10, se compara los cinco tipos de colectores en base a las características mencionadas previamente basados por su principio de operación; teniendo en cuenta que los aspectos más importantes para dicha aplicación son la eficiencia, la continuidad del filtrado mientras se limpia, la capacidad del equipo, entre otros.

²⁰ FUENTE: Holcim Design Criteria; Holcim Group Support; Fabric Dust Collection; p. B1/5.

TABLA 10
COMPARACIÓN ENTRE DIFERENTES TIPOS DE
COLECTORES²¹

	Ponderación	Ciclones	Filtro de proceso húmedo	Precipitador electrostático	Filtro de cartucho	Filtro de mangas
Costo de inversión (alto -1, medio 0, bajo 1)	5	0	0	-1	1	1
Aplicación para filtro auxiliar (si: 1, no: 0)	5	0	0	0	1	1
Continuidad durante limpieza (si: 1, no: 0)	4	0	0	1	1	1
Volumen aire permisible (menor volumen -1, medio 0, mayor volumen +1)	2	1	0	1	0	1
Aspectos secundarios de limpieza (dificultad en limpieza -1, normal 0, facilidad +1)	2	1	-1	0	1	1
Consumo de agua (mayor consumo -1, normal 0, menor consumo +1)	2	1	-1	1	1	1
Eficiencia (menos eficiente -1, medio 0, más eficiente +1)	10	0	-1	1	1	1
Total		6	-14	13	28	30

Analizando la tabla comparativa se tiene que el filtro de mangas es el tipo de colector que más se ajusta a los requerimientos para el sistema al obtener una mayor puntuación entre ellos.

Ahora se procede al análisis de los diferentes tipos de filtro de mangas en base a las características mencionadas por el principio

²¹ FUENTE: El Autor.

de presión en el sistema, para encontrar, el tipo de filtro que mejor se ajusta a esta necesidad, ver tabla 11:

TABLA 11
COMPARACIÓN ENTRE DIFERENTES TIPOS DE
FILTROS DE MANGAS

	Peso s	Sacudido	Aire reverso	Pulse Jet
Cantidad de compartimientos (1: 1, 2: 0, más de dos: -1)	3	0	-1	1
Limpieza continua en línea (si: 1, fuera de línea: 0, no: -1)	8	-1	0	1
Acumulación material en salida (si: -1, no: 1)	1	-1	1	1
Mayor necesidad de mantenimiento (si: -1, no: 1)	6	-1	0	1
Fallo de mangas (alto: -1, medio: 0, bajo: 1)	7	-1	0	1
Tamaño de mangas (pequeñas: 1, grandes: -1)	2	1	-1	1
Relación aire/tela (mayor: 1, menor: -1, media: 0)	5	0	-1	1
Tamaño del filtro (compacto: 1, grande: -1)	4	1	-1	1
Total		-16	-13	36

El filtro de mangas, tipo pulse jet se ajusta más para la aplicación de un sistema colector de polvo.

Componentes de un sistema colector de mangas.

Para que un filtro de mangas pueda cumplir su función, necesita además de otros componentes para poder generar un sistema colector de polvos. El filtro como tal, no podría trabajar correctamente sin que existiera confinamiento en el sistema, ductos a través de los cuales el aire contaminado y limpio circulan, un ventilador para el transporte del fluido, sistemas de acondicionamiento a la entrada del filtro dependiendo las condiciones del proceso, sin olvidar la salida de los gases limpios por medio de chimeneas o salidas simples a raíz del ventilador. Se detallará de manera breve los componentes de un sistema colector de mangas.

Diagrama general de la instalación:

La instalación empieza con la campana de aspiración en el punto donde se desea captar el aire o gas contaminado. En cualquier sistema de ventilación, la idea de mejorar el ambiente y controlar emisión necesariamente tiene que ir de la mano con algún tipo de confinamiento para poder aumentar la velocidad del aire o gas a la entrada al sistema, en la figura 2.42 se presenta un diagrama general de la instalación.

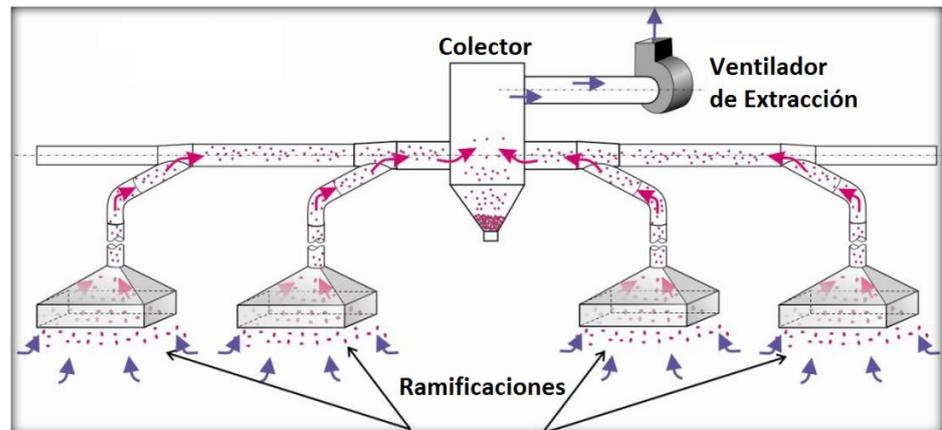


FIGURA 2.42 DIAGRAMA GENERAL DE LA INSTALACIÓN²²

A medida que el gas pasa a través de la tubería hacia el filtro, en algunos casos, es necesario proporcionar algún tipo de sistema de enfriamiento para evitar temperaturas altas. La entrada al filtro de mangas, es el lugar por donde el aire que se mueve por la tubería entra al colector. Una buena distribución del flujo de gas no necesariamente significa tener también una buena distribución del polvo, sin embargo, una buena distribución de gas va de la mano con una mejora en la distribución del polvo.

Usualmente se acostumbra a colocar una plancha deflectora a la entrada al filtro, como en la figura 2.43, causando que el polvo con gas impacte contra ella precipitando las partículas grandes a la

²² FUENTE: CECALA, Andrew B. *Dust Control Handbook for Industrial Minerals Mining and Processing*; Center for Disease Control and Prevention National Institute for Occupational Safety and Health Office of Mine Safety and Health Research; Spokane WA; 2012; p 49.

parte inferior de la tolva, pero debido al tiro producido por el ventilador, el flujo de aire con polvo fino sigue su camino hacia las mangas pero no lo hace de manera distribuida.

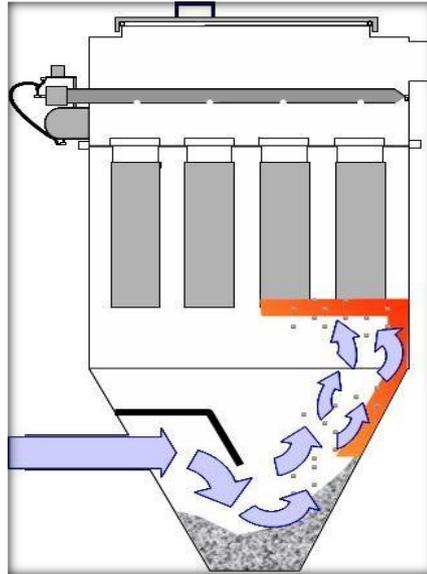
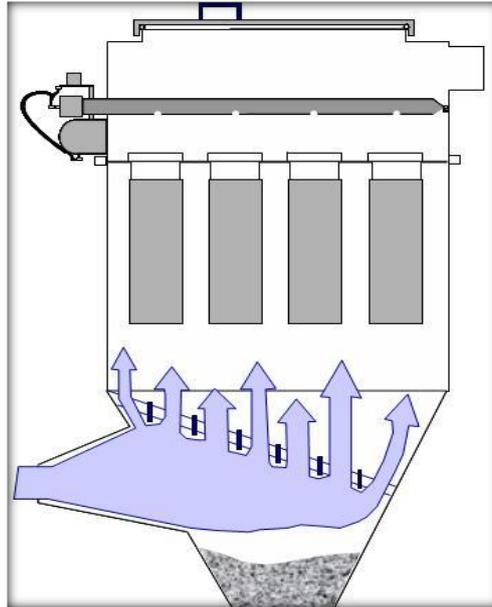


FIGURA 2.43 DISEÑO TÍPICO EN LA ENTRADA DEL FILTRO²³

La corriente de aire con polvo circula bastante cerca de las paredes de la tolva y siempre en dirección de las mismas mangas causando un desgaste prematuro en ellas. Este caso es más crítico en tolvas angostas. Las tolvas y las mangas sufren desgaste por abrasión.

Un mejor diseño consiste en colocar deflectores de manera escalonada uniformemente, como se aprecia en la figura 2.44.

²³ FUENTE: Holcim Design Criteria; Holcim Group Support; Fabric Dust Collection; p. B1/15



**FIGURA 2.44 DISEÑO MEJORADO A LA ENTRADA DEL
FILTRO²⁴**

Otra consideración que se debe tener es evitar que el número de entradas al filtro sea mayor a una. Una sola entrada garantiza una circulación del flujo normal, en tanto que si al filtro llegan 2 o más ductos, sus flujos respectivos se encontrarían causando turbulencia a la entrada, generando más pérdidas en el sistema, como el material es abrasivo, se considera la implementación de una plancha deflectora de material anti-abrasivo.

²⁴ FUENTE: Holcim Design Criteria; Holcim Group Support; Fabric Dust Collection; p. B1/15

Ventilador:²⁵

Los ventiladores son una característica fundamental en el diseño de los sistemas de ventilación para el control de polvo. Se utilizan para mover el aire a través del sistema de ventilación. Proveen la energía necesaria para que el flujo logre vencer la resistencia (o caída de presión) a través de los ductos y colector.

Hay diferentes tipos de ventiladores utilizados en los sistemas de ventilación, su selección depende de sus características de funcionamiento. Varios conceptos básicos de funcionamiento de los ventiladores deben ser entendidos para poder seleccionar adecuadamente un ventilador para un sistema de ventilación.

Los ventiladores pueden clasificarse según la presión desarrollada y según la dirección del flujo de aire.

Según la presión desarrollada:

- De baja presión: La presión total desarrollada es inferior a 100mm col H₂O. (Ventiladores propiamente dichos).
- De media presión: La presión total desarrollada es superior a 100mm col H₂O e inferior a 300mm col H₂O (soplantes).

²⁵ **FUENTE:** CECALA, Andrew B. *Dust Control Handbook for Industrial Minerals Mining and Processing*; Center for Disease Control and Prevention National Institute for Occupational Safety and Health Office of Mine Safety and Health Research; Spokane WA; 2012; p 50.

- De alta presión: La presión total desarrollada es superior a 300mm col H₂O e inferior a 1000mm col H₂O (turbo axiales).
- De muy alta presión: mayor a 2500mm col H₂O (turbocompresores).

Según la dirección del flujo:

- De flujo radial (centrífugos)
- De flujo semiaxial (helico-centrífugos)
- De flujo axial

DISEÑO DE UN SISTEMA COLECTOR EN BASE A LAS CONSIDERACIONES DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE TRITURACIÓN DE PUZOLANA.

Los sistemas de control de polvo implican múltiples decisiones de ingeniería, incluyendo el uso eficiente del espacio disponible, la longitud de los recorridos de conducto, la facilidad de volver polvo recogido para el proceso, los requisitos eléctricos necesarios, y la selección de filtro óptimo y equipo de control. Además, las decisiones clave deben ser tomadas en base a un sistema centralizado o múltiples sistemas que son los mejores para las circunstancias.

Cantidad de aire requerido de acuerdo al equipo a desempolvar.²⁶

La velocidad del aire se mide en metros por segundo (m/s) y es afectado por el tamaño de la partícula que puede ser transportado por la corriente de aire. El caudal se mide en metros cúbicos por hora (m³/h), que es la cantidad de aire utilizado en el proceso de ventilación.

El rango de polvo respirable perjudicial para la salud de los trabajadores se define por las partículas que se encuentran en o por debajo del intervalo del tamaño de 10 micras. Para poner esto en perspectiva, aproximadamente 44 micras es el tamaño micrométrico más pequeño que se puede ver con el ojo humano sin ayuda. En los sistemas colectores de polvo, los tamaños de las partículas más grandes son fáciles de obtener, a menudo con la ayuda significativa de la gravedad.

Para el traslado neumático de las partículas, es necesario captar localmente la emisión de polvo, por lo cual se debe proceder de la siguiente manera:

²⁶ **FUENTE:** DUST CONTROL HANDBOOK FOR INDUSTRIAL MINERALS MINING AND PROCESSING; Center for Disease Control and Prevention National Institute for Occupational Safety and Health Office of Mine Safety and Health Research; Andrew B. Cecala; Spokane WA; 2012; p 7.

- Identificar los puntos de emisión del material particulado.
- Encerrarlo bajo una campana.
- Establecer una succión capaz de captar, arrastrar y trasladar el aire, cargado de partículas, hacia el colector de polvo y de allí para su reprocesamiento.

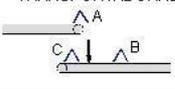
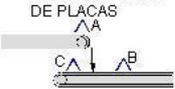
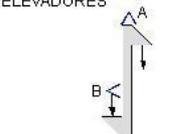
El sistema de desempolvado puede ser considerado para atender uno o varios puntos dentro del proceso. Para el caso de la trituración de puzolana seca el proceso empieza desde la alimentación del elevador de cangilones llevando el material a lo más alto del edificio alimentando a la una criba vibratoria encargada de separar el material grueso o impurezas del material fino, el mismo que pasa al despacho el material fino para su disposición final; y por otra vía es dirigido los materiales gruesos hacia la molienda para ser recirculado al sistema hasta obtener el tamaño de partícula necesaria y ser despachado, por equipo deberá llevar mínimo una toma de desempolvado de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.

La suma de los volúmenes de aire de cada uno de los puntos a desempolvar será el volumen total que el sistema manejará y el dato inicial para el diseño del colector. Para lo cual se recurre a la

Tabla 12 A y 12 B otorgada por Holcim Group Support a través de su departamento de tecnología mecánica. Este documento forma parte del “Holcim Design Criteria” que se utiliza para trabajos de ingeniería en las plantas de cemento a nivel internacional y que está basado en consideraciones teóricas y empíricas.

TABLA 12 A

**CANTIDAD DE AIRE A DESEMPOLVAR SEGÚN EL EQUIPO
DE ACUERDO AL HOLCIM DESIGN CRITERIA²⁷**

Equipo	Tam. (mm)	m³/h	Valores/consideraciones				
			A	B	C		
BANDAS TRANSPORTADORAS 	650	4250	1500	1750	1000	m³/h	
	850	5250	2000	2250	1000		
	1000	6500	2500	2750	1250		
	1200	7750	3000	3250	1500		
	1400	8750	3500	3750	1500		
	1600	10'000	4000	4250	1750		
ALIMENTADORES DE PLACAS 	800	6500	3500	2000	1000	m³/h	
	1000	7500	4000	2500	1000		
	1200	8750	4500	3000	1250		
	1400	9750	5000	3500	1500		
	1600	10'000	5500	4000	1500		
ALIMENTADORES PIVOTANTES 	800		2500	9000	9000	m³/h	
	1000		3000	10'000	10'000		
	1200		3500	11'000	11'000		
	1400		4000	12'000	12'000		
ELEVADORES 			CADENA m³/h		BANDA m³/h		m³/h
			A	B	A	B	
	400		1250	1000	2000	1000	
	500		1500	1000	2250	1000	
	630		2000	1250	2500	1250	
	800		2500	1250	3000	1250	
	1000		3000	1500	3500	1500	
	1250		3500	1500	4500	1500	
	1600		4000	1500	6000	1500	
RASCADORES Y TORNILLOS SIN FIN	200	500	POR CADA 10 METROS				
	250	500					
	315	500					
	400	750					
	500	750					
	630	1000					
	800	1000					
	1000	1250					
DESLIZADORES			120% DEL SOPLADOR				
MALLA CLASIFICADORA		50	POR TONIH ABIERTO				
ZARANDA VIBRATORIA		450	POR M2 CERRADO				
MALLA GIRATORIA		600	POR M2 CERRADO				

²⁷ FUENTE: Holcim Design Criteria; Holcim Group Support; Fabric Dust Collection; p. B1/29.

TABLA 12 B
CANTIDAD DE AIRE A DESEMPOLVAR SEGÚN EL EQUIPO
DE ACUERDO AL HOLCIM DESIGN CRITERIA²⁸

Machine unit	Size (mm)	M ³ /h	Remarks
Vibrating feeder	600	900	
	800	1'500	
	1'000	2'400	
	1'200	3'600	
Air lift		60	} 1.5-times of the expanded compressed air volume
Fuller pump		50	
Pressure vessel		40	
Fluidstat (Böhler)		30	
Bin	Big	1'000	Mechanical feeding
	Small	500	Mechanical feeding
Roller crusher	to 50 t/h	36	Per t
	50 - 100 t/h	60	Per t
Jaw crusher	to 100 t/h	60	Per t
	100 - 400 t/h	45	Per t
	400 - 700 t/h	30	Per t
Hammer crusher	to 100 t/h	120	Per t
Impact crusher	to 100 t/h	90	Per t
	to 300 t/h	60	Per t
	> 300 t/h	40	Per t
Gyratory crusher (cone crusher)	to 100 t/h	60	Per t
	100 - 400 t/h	45	Per t
	400 - 700 t/h	30	Per t
Packing machine		8'000	8-spouts rotary packer
		6'000	6-spouts rotary packer
		300	Feed
		2'500	Per spout in-line packer collecting funnel
		1'500 2'000 2'500	Niagara-swing screen 1 x 2.5 m Takeaway belt conveyor Bag cleaning unit
Loading mobile		5'000	Air slide 400 mm
		5'000	Screw 1630/1800
		1'500	Hopper mobile
		4'000	Double articulated (air slide or screw)
Loading head		900	Cement 300 m ³ /h
		1'500	Cement 600 m ³ /h
		12'000	Clinker 300 m ³ /h
Tanker vehicles		540 - 660	Road 60 t/h at 2.5 bar
		660	Rail 60 t/h at 2.5 bar

Los equipos que necesitan ser desempolvado son:

1. Elevador de Cangilones 320TPH (560mm ancho de cangilón).

²⁸FUENTE: Holcim Design Criteria; Holcim Group Support; Fabric Dust Collection; p. D1/31

$$Q = 3.750 \frac{m^3}{h} \left| \frac{1h}{3600s} \right. = 1.05 \frac{m^3}{s}$$

2. Silo de 6000x14500x480m³.

$$Q = 1.000 \frac{m^3}{h} \left| \frac{1h}{3600s} \right. = 0.28 \frac{m^3}{s}$$

3. Trituradora de Impacto 150 TPH.

$$Q = 9.000 \frac{m^3}{h} \left| \frac{1h}{3600s} \right. = 2.50 \frac{m^3}{s}$$

4. Criba vibratoria Capacidad 160 TPH (Sección 2x4 m).

$$Q = 3.600 \frac{m^3}{h} \left| \frac{1h}{3600s} \right. = 1.00 \frac{m^3}{s}$$

5. Banda transportadora 150 TPH de ancho 24 pulg.

$$Q = 4.250 \frac{m^3}{h} \left| \frac{1h}{3600s} \right. = 1.18 \frac{m^3}{s}$$

6. Silo de Rechazo 6 Ton.

$$Q = 500 \frac{m^3}{h} \left| \frac{1h}{3600s} \right. = 0.14 \frac{m^3}{s}$$

Dada las condiciones expuestas por el Cliente, se tiene previsto una ampliación de otra línea independiente de Secado de puzolana,

incrementando la del filtro por su capacidad de elevación y clasificación alrededor de un 40% de la capacidad nominal. Siendo esto, la capacidad final del filtro:

Capacidad Filtro = 22.100 m³/h x 40% factor ampliación

Capacidad Filtro = 30.940 m³/h

Medidas de flujo de aire.²⁹

La presión en el diseño de ventilación se mide generalmente en milímetros de H₂O, (milímetros de columna de agua). En un sistema de ventilación, esta presión se conoce como la **presión estática** y es generalmente creado por un ventilador. La presión estática es la diferencia entre la presión en la red de conductos y la presión atmosférica. La presión estática negativa se contrae en las paredes del conducto, mientras que la presión estática positiva se expande en las paredes del conducto.

El aire fluye, naturalmente desde una región de alta presión a otra más baja. Este movimiento se produce debido a la diferencia de presiones que existen entre estos dos puntos. La velocidad del flujo depende de la resistencia que encuentre la corriente de aire. Al igual que cualquier otra cosa que se mueve, el aire ejerce una

²⁹ FUENTE: BHA, Guía de Referencias y Soluciones de Problemas, 1998, p. 42

presión contra los obstáculos que se encuentre a su paso, proporcional a su velocidad. La presión debida a la velocidad es designada como **presión dinámica**.

El aire transporta las partículas a una cierta velocidad, y para el cálculo generado en el ducto será necesario el valor de la presión dinámica (VP) generada en el interior de la misma, la cual se la obtiene de la siguiente ecuación (2.5):

$$V = 4.003 \cdot \sqrt{VP} \quad (2.5)$$

Despejando se puede obtener el valor de la presión dinámica. Este valor servirá de ayuda para la pérdida en los accesorios ya que se encuentran en función de la presión dinámica del sistema. Otra manera de obtener este valor es mediante la tabla de presión dinámica que utiliza diferentes velocidades (Anexo 8).

Presión total: La presión estática desarrollada por un ventilador es la presión que puede dar lugar al movimiento de aire en contra de una resistencia. En otras palabras, es la potencia disponible para efectuar el trabajo. En todo movimiento de aire existe una cierta presión dinámica y una cierta presión estática, en función de la

resistencia. La suma de las dos, da la presión total desarrollada por un ventilador y se denomina presión total.

Campana de captura.³⁰

Todos los sistemas de escape, sea simple o compleja, tienen en común el uso de campanas, conductos, y un dispositivo purificador y recolector de aire que lo lleva al ventilador de extracción, como se muestra en la figura 2.45.

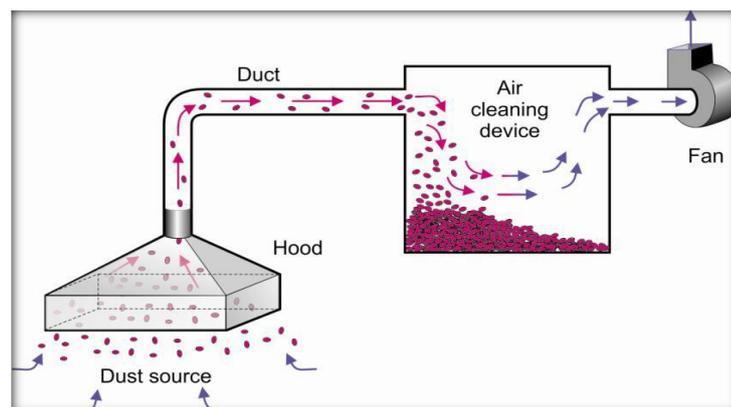


FIGURA 2.45 EMISIONES CAPTURADAS/FUGITIVAS

La velocidad de captura es la velocidad de las partículas flotantes sobre la cama de material en sistemas transportadores antes de entrar a la campana de captura. El polvo se mezcla con el aire en el punto de generación y es transportado a lo largo del ducto; tomas

³⁰ **FUENTE:** DUST CONTROL HANDBOOK FOR INDUSTRIAL MINERALS MINING AND PROCESSING; Center for Disease Control and Prevention National Institute for Occupational Safety and Health Office of Mine Safety and Health Research; Andrew B. Cecala; Spokane WA; 2012; p 11.

experimentales de datos han determinado los valores para las velocidades de captura en condiciones ideales para la mayoría de operaciones en la industria, que se indican en Anexo 11.

Después de que se determina esta velocidad de captura, se debe calcular el volumen de salida necesario de la campana utilizando la ecuación (2.6) de "DallaValle"³¹, descrita en la figura 2.46.

$$Q = V_h \cdot (10 \cdot X^2 + A) \quad (2.6)$$

Donde:

Q = Caudal necesario en el punto de desempolvado.

X = Distancia desde la cara del ducto que da hacia la fuente hacia el punto más lejano de la fuente.

V_h = La velocidad de captura a la distancia X

A = Área de la entrada de la campana.

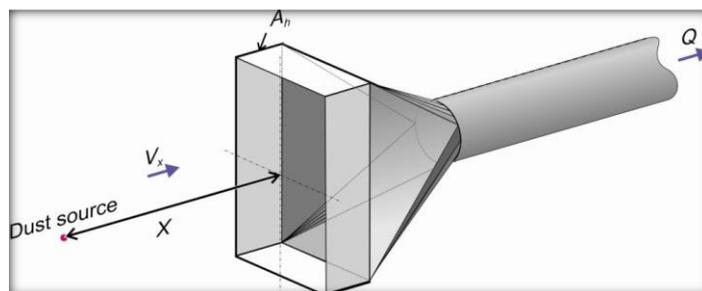


FIGURA 2.46 EMISIONES CAPTURADAS/FUGITIVAS

³¹ DallaValle JM [1932]. *Velocity characteristics of hoods under suction.*

El diseño de la campana de captura en los puntos de succión deberá otorgar el tiro suficiente para levantar las partículas que están en combinación con el aire ambiente pero sin capturar el material que forma parte del flujo principal, los tipos de campanas que existen para este tipo de trabajo son lo que se muestran en la figura 2.47.

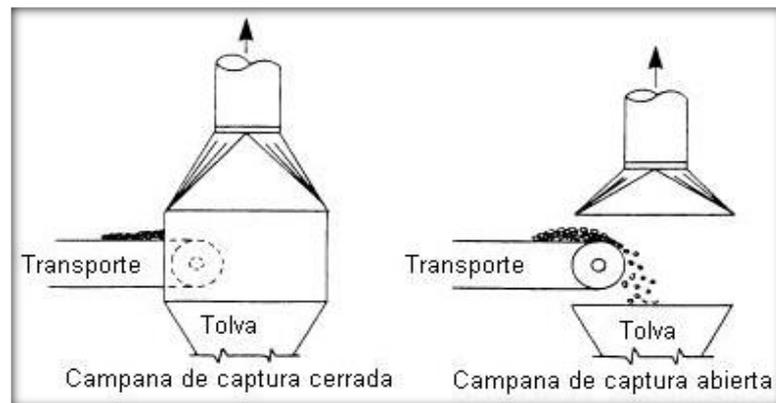


FIGURA 2.47 TIPOS DE CAMPANAS DE CAPTURA

La manera más eficaz para capturar el polvo es con una campana que abarca todo el proceso de la generación de polvo. Estos tipos de campanas tienen numerosas aplicaciones en toda la minería y en especial para los procesos de trituración, cribado, etc.

Pérdidas de presión en campanas: La velocidad de transporte³² de las partículas deberá llegar a 18 m/s como mínimo, siendo ésta la velocidad promedio para polvos industriales y para el cálculo será

³² **Velocidad de transporte:** Es la velocidad de aire dentro del conducto necesaria para evitar que las partículas sólidas en suspensión sedimentan y queden depositadas en el mismo.

necesario el valor de la presión dinámica (VP) que se la obtiene la despejando de la ecuación (2.5) obtenemos la ecuación (2.7):

$$VP = \left(\frac{v}{4.003} \right)^2 \quad (2.7)$$

$$VP = \left(\frac{18}{4.003} \right)^2$$

$$VP = 20.22 \text{ mmH}_2\text{O}$$

Ahora también se necesita el factor de pérdida C_0 , existen tablas de donde se obtiene su valor de acuerdo a las dimensiones y forma de la campana Anexo 10.

El valor de C_0 depende exclusivamente del ángulo θ . Es por ello que de acuerdo al diseño de la campana se obtiene un valor del ángulo de 60° (según plano de fabricación) y así un factor de pérdida de:

$$C_0 = 0,17$$

Adicionalmente, existen pérdidas por fricción por longitud de tubería, pérdida de energía asociada a turbulencia en contracciones, accesorios como uniones, válvulas, codos, derivaciones (Y pantalones) y obstrucción. Estas pérdidas pueden

ser calculadas, usando la ecuación (2.8), con un apropiado factor de pérdida:

$$H_f = K_f \cdot VP^{33} \quad (2.8)$$

Donde:

$$K_f = \text{factor de pérdida de accesorio, adimensional}$$

Entonces utilizando la ecuación 2.8, esta pérdida puede ser calculada, con el factor de pérdida apropiado:

$$H_0 = 0,17 \cdot 20,22$$

$$H_0 = 3,44 \text{ mm } H_2O$$

La cantidad de campanas de captura para puntos de transferencia en sistemas de bandas transportadoras deberá ser igual a 3; el primer punto de succión en la parte superior a la caída de la primera banda, el segundo en la cola de la segunda banda (detrás del chute de alimentación) y el tercero en la parte frontal al chute de alimentación de la segunda banda, como se muestra en la figura 2.48.

³³ **FUENTE:** BUCHELLI, Luis, Diseño Fluidodinámico de un Sistema de Extracción de Polvo en un Ingenio Azucarero, Tesis Espol Facultad De Ingeniería En Mecánica Y Ciencias De La Producción, Guayaquil, 2006

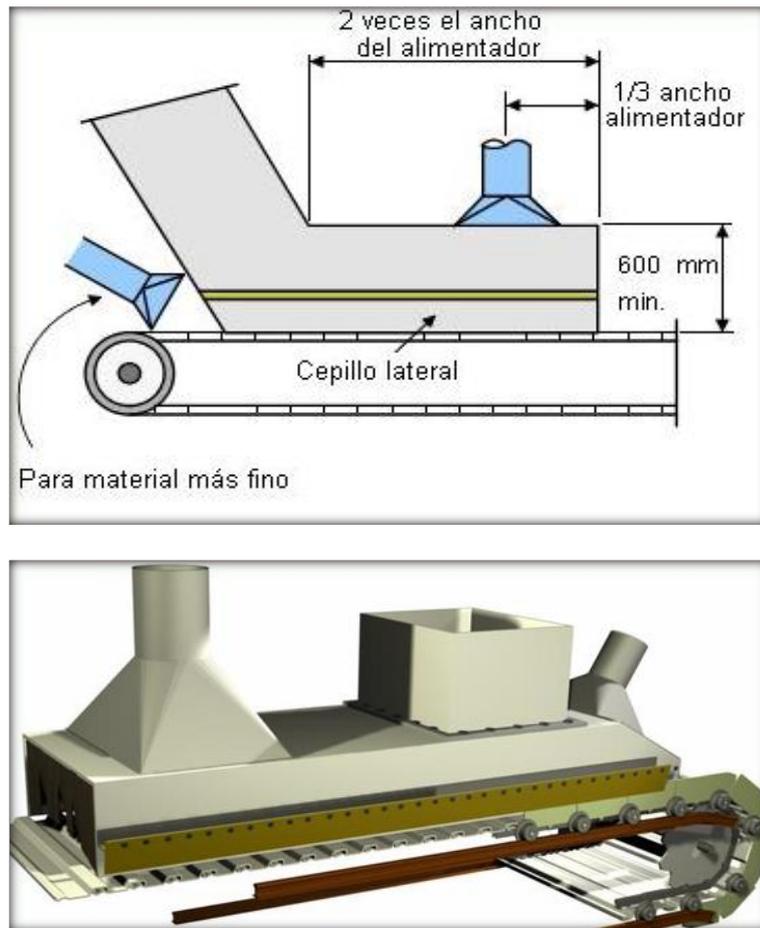


FIGURA 2.48 Campanas en bandas transportadoras³⁴

En el Holcim Design Criteria se encuentra una la Tabla 12 A y 12 B que indica las dimensiones para la construcción de las campanas en base al volumen de aire en ese punto y las velocidades de entrada y salida deseadas de las partículas a través de la campana, como se aprecia en la Anexo 10. La velocidad de captura utilizada

³⁴ **FUENTE:** Holcim Design Criteria; Holcim Group Support; Fabric Dust Collection; p. B1/38.

es de 1.4 m/s, que se encuentra dentro del rango permisible para su aplicación.

Diseños de ductos.³⁵

Principios de flujo de aire.- El diseño de ductos se fundamenta en la mecánica de fluidos y sus principios. Para los análisis realizados en diseños, es necesario establecer primeramente las propiedades de los fluidos.

Para el fluido es necesario realizar las siguientes asunciones:

- *Se desprecian los efectos del intercambio térmico.*- Si la temperatura dentro de los ductos es significativamente diferente a la del aire de los alrededores del ducto, se produciría intercambio de calor en consecuencia se tendría un cambio de temperatura del aire y por tanto se modificaría el caudal.
- *Se considera que el aire es incompresible.*- Si la pérdida global de presión en el sistema es superior a 500 mmdca la densidad del aire cambiará aproximadamente el 5% y el

³⁵ **FUENTE:** Arias, Juan, *Análisis al Sistema de Desempolvado del Área de Trituración de Caliza en la Planta Cerro Blanco de Holcim Ecuador S.A.* Espol Facultad De Ingeniería Mecánica Y Ciencias De La Producción, Guayaquil, 2006

caudal también se modificará. Todos los fluidos son compresibles en cierto grado, pero un análisis incompresible es satisfactorio para gases y vapores con velocidades alrededor de los 18m/s.

- Se supone que el aire es seco.- La presencia del vapor de agua reduce la densidad del aire. Por lo que debe efectuarse una corrección para tener en cuenta este efecto, se debe hacer un análisis Psicrométrico³⁶.
- Se desprecia el peso y el volumen del contaminante presente en la corriente de aire.- Si existen altas concentraciones de sólidos o cantidades significativas de gases distintos al aire, deben efectuarse las correcciones para tener en cuenta su efecto.

Cambios de presión en el sistema: Para secciones de ductos de área constante, la pérdida de presión total y la pérdida de presión estática se mantienen constantes.

Los puntos de transición en donde aumenta o disminuye la sección transversal, la pérdida de presión de velocidad disminuye de igual manera que la pérdida de presión total, pero la pérdida de presión

³⁶ **Análisis Psicrométrico:** Se lo puede realizar de forma manual o con un instrumento que utiliza la diferencia de lecturas entre dos termómetros, uno con bulbo húmedo y el otro que tiene bulbo seco, para medir el grado de humedad o la humedad relativa del aire.

estática puede disminuir o aumentar, dependiendo de la disminución o aumento de la sección transversal como se aprecia a continuación en la figura 2.49.

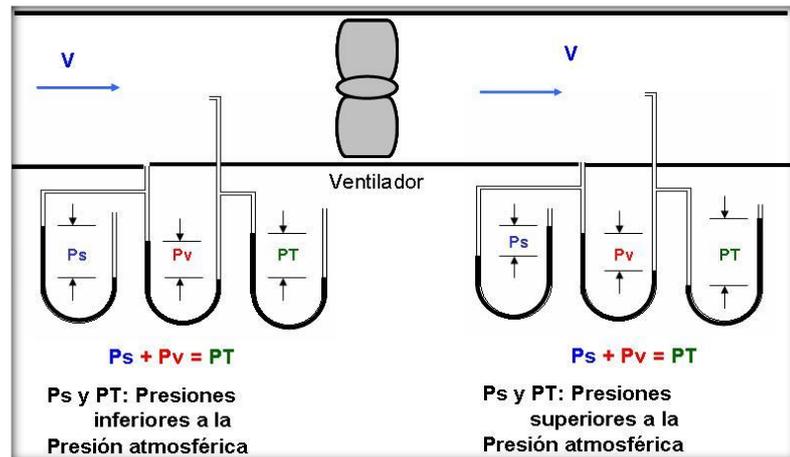


FIGURA 2. 49 Cambios de presión en el sistema

Una vez que el volumen de aire en cada punto es determinado y conocido, los ductos deben ser diseñados correctamente. Ductos redondos son preferidos porque ofrecen mayor uniformidad a la velocidad de transporte evitando cambios en el comportamiento de las partículas en el aire o gas y porque pueden soportar presiones estáticas más altas que los ductos cuadrados.

Una adecuada velocidad del gas dentro del ducto permitirá que el polvo sea transportado junto con él. Básicamente, en cualquier punto del ducto, la velocidad debe estar entre 18 m/s y 20 m/s,

porque si se tiene que la velocidad es menor, entonces encontrará material segregado a lo largo de la ductería; en cambio, una velocidad muy alta, resultaría en abrasión en el ducto, principalmente en los cambios de dirección o de sección, en donde el perfil de velocidad del flujo tiene mucho que ver.

Determinación del tamaño del ducto: El tamaño del ducto redondo puede ser determinado a través de la ecuación (2.9):

$$Q = A \cdot V \quad (2.9)$$

Siendo Q el caudal necesario para el sistema, A el área de la sección transversal del ducto y V la velocidad de transporte.

De la ecuación 2.9 se despeja el área, para luego calcular el diámetro de los ductos en cada uno de los puntos críticos de la planta a desempolvar.

1. Elevador de Cangilones 320TPH (560mm ancho de cangilón).

$$Q = 1,05 \frac{m^3}{s}$$

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{1.05}{18}$$

³⁷ FUENTE: GE, Principios Básicos para Diseño de Ducterías GE Energy, p.2

$$A = 0.06m^2$$

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

$$D = \sqrt{\frac{A \cdot 4}{\pi}} = \sqrt{\frac{0.06 \cdot 4}{\pi}} = 0.276m$$

$$\mathbf{D = 276mm}$$

2. Silo de 6000x14500x480m³.

$$Q = 0.28 \frac{m^3}{s}$$

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{0.28}{18}$$

$$A = 0.0155m^2$$

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

$$D = \sqrt{\frac{A \cdot 4}{\pi}} = \sqrt{\frac{0.0155 \cdot 4}{\pi}} = 0.141m$$

$$\mathbf{D = 141mm}$$

3. Trituradora de Impacto 150 TPH.

$$Q = 2.50 \frac{m^3}{s}$$

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{2.50}{18}$$

$$A = 0.139m^2$$

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

$$D = \sqrt{\frac{A \cdot 4}{\pi}} = \sqrt{\frac{0.139 \cdot 4}{\pi}} = 0.421m$$

$$D = 420mm$$

4. Criba vibratoria Capacidad 160 Ton/h (Sección 2x4 m).

$$Q = 1.00 \frac{m^3}{s}$$

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{1.00}{18}$$

$$A = 0.055m^2$$

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

$$D = \sqrt{\frac{A \cdot 4}{\pi}} = \sqrt{\frac{0.055 \cdot 4}{\pi}} = 0.266m$$

$$D = 266 mm$$

5. Banda transportadora 150 Ton/h con 24 pulg de ancho.

$$Q = 1.18 \frac{m^3}{s}$$

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{1.18}{18}$$

$$A = 0.066m^2$$

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

$$D = \sqrt{\frac{A \cdot 4}{\pi}} = \sqrt{\frac{0.066 \cdot 4}{\pi}} = 0.29 \text{ m}$$

$$\mathbf{D = 290 \text{ mm}}$$

6. Silo de Rechazo 6 Ton.

$$Q = 0.14 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{0.14}{18}$$

$$A = 0.01 \text{m}^2$$

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

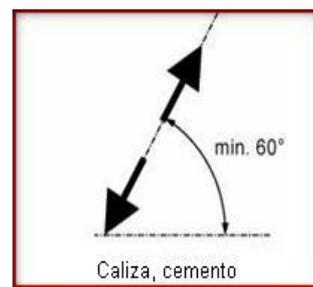
$$D = \sqrt{\frac{A \cdot 4}{\pi}} = \sqrt{\frac{0.01 \cdot 4}{\pi}} = 0.11 \text{m}$$

$$\mathbf{D = 110 \text{ mm}}$$

Pérdidas en ductos: Para sistemas de desempolvado, es positivo tener codos con la relación $r/D > 1.5$, si la relación es menor a esta cantidad, la abrasión puede reducir el tiempo de vida generando desgaste y pérdidas en el sistema. Frecuentemente se encuentran diseños de ductos con problemas en los codos y variaciones de secciones, causando un acelerado desgaste en las paredes del ducto.

A mayor número de puntos de succión en el sistema, resulta más difícil balancearlo para que sea efectivo. Es por esto que se recomienda que máximo sean 8 puntos por sistema de desempolvado.

Los ductos horizontales deberían ser evitados; grandes consecuencias por efecto de la abrasión y segregación de material se presentan cuando los ductos son horizontales. Para evitar la acumulación de polvo, se recomienda que la pendiente de los ductos para el caso de la caliza y cemento sea 30° , con respecto al eje vertical, como se muestra en la figura 2.50. Dada las características en granulometría y propiedades físicas de la caliza con el cemento, para este efecto se considerará las mismas propiedades acorde referencia detalladas en el Holcim Design Criteria.



**FIGURA 2.50 PENDIENTE EN DUCTOS PARA CALIZA,
PUZOLANA Y CEMENTO³⁸**

³⁸ FUENTE: Holcim Design Criteria; Holcim Group Support; Fabric Dust Collection; p. B1/14

Se recomienda para establecer las dimensiones de codos y ramales de ductos, utilizar la tabla 12 A proveniente del Holcim Design Criteria, en la que en base al diámetro del ducto y el ángulo de inclinación de acuerdo al material, se puede determinar el resto de dimensiones. Incluye codos hasta los 90° de inclinación.

Holcim Design Criteria recomienda para el diseño de codos y ramales en ductos, la utilización de la siguiente información en la figura 2.51.

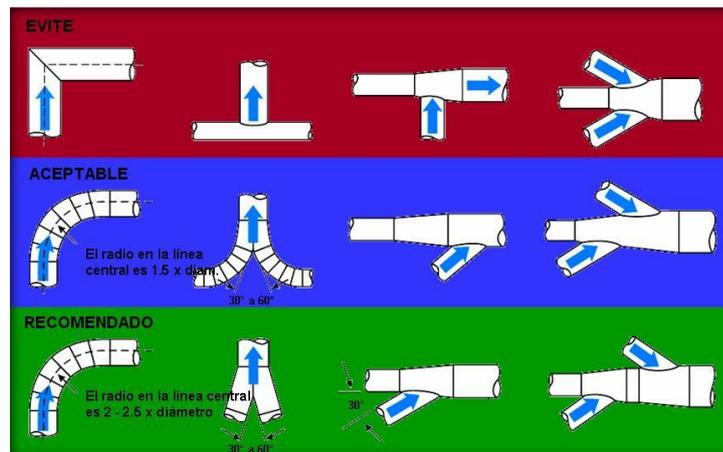


FIGURA 2.51 DISEÑO DE DUCTOS³⁹

Sabiendo que es importante mantener la misma velocidad a lo largo de ducto por las consideraciones antes mencionadas, en cada

³⁹ FUENTE: BHA, Guía de Referencias y Soluciones de Problemas, 1998, p. 34

punto de succión se manejará un caudal establecido y con una velocidad requerida igual para todo el sistema, entonces queda por determinar el área de la sección transversal del ducto. Cada diseño de arreglos (codos, uniones, etc.) tiene su coeficiente de pérdidas, que deberá ser considerado en el diseño de la ductería junto a la presión de velocidad.

A medida que los diferentes ramales pertenecientes a los diferentes puntos de captura se unen para llegar al filtro como uno solo, el caudal aumenta, y si se considera que la velocidad del flujo debe ser la misma, entonces el área deberá aumentar, lo que implica que el balance neto del flujo volumétrico debe ser igual a cero, figura 2.52.

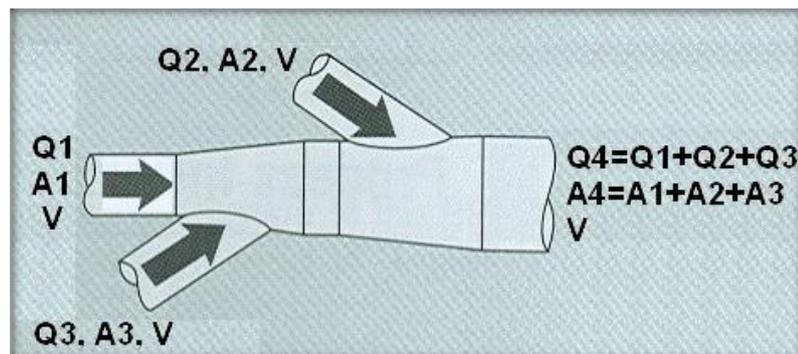


FIGURA 2.52 VELOCIDAD CONSTANTE EN DUCTO

El caudal total para el sistema se lo obtiene con la ecuación 2.10:

$$\sum Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_{reserva} \quad (2.10)$$

$$\sum Q = 3.750 \frac{m^3}{h} + 1.000 \frac{m^3}{h} + 9.000 \frac{m^3}{h} + 3.600 \frac{m^3}{h} + 4.250 \frac{m^3}{h} + 500 \frac{m^3}{h} + 8.840 \frac{m^3}{h}$$

$$\sum Q = 30.940 \frac{m^3}{h} = 8.59 \frac{m^3}{s}$$

Las pérdidas por accesorios se la determina en términos de porcentajes de un equivalente con la presión dinámica, por lo tanto la ecuación genera 2.11l, para la presión estática a lo largo de un tramo de conducto será:

$$SP_c = VP_c + \sum K_f \cdot VP_c \quad (2.11)$$

Donde:

$SP_c =$ Presión estática en el conducto.

$VP_c =$ Presión dinámica en el conducto.

La caída de presión total a lo largo de la red de tuberías se da mediante la siguiente ecuación 2.12:

$$\Delta P = SP_{salida} - SP_{entrada} \quad (2.12)^{40}$$

⁴⁰ FUENTE: BUCHELLI, Luis, Diseño Fluidodinámico de un Sistema de Extracción de Polvo en un Ingenio Azucarero, Tesis Espol Facultad De Ingeniería En Mecánica Y Ciencias De La Producción, Guayaquil, 2006

Utilizando las ecuaciones antes expuestas, se calcularán las pérdidas de los ductos y accesorios por tramos, la disposición general del sistema de desempolvado se adjunta en el Anexo 9:

Datos tramo D1 – D2

$$Q = 3.750 \frac{m^3}{h}$$

$$V = 18 \frac{m}{s}$$

$$D = 276 \text{ mm}$$

Parte con campana.

$$H_0 = 3,44 \text{ mm } H_2O$$

La caída de presión por unidad de longitud de un conducto de diámetro de 276 mm y velocidad de conducción de 18m/s, se la determina mediante el Anexo 10, Figura 1(Tabla de Cálculos de pérdidas en conductos).

$$h_{l/m} = 11.5 \text{ Pa} = 1.15 \text{ mm/mH}_2O$$

La caída de presión a lo largo de este tramo de 14 m de longitud será:

$$h_{Lt} = h_{l/m} \cdot L_{D11}$$

$$h_{Lt} = 1.15 \cdot 14$$

$$\mathbf{h_{Lt} = 16,1 mmH_2O}$$

En el Anexo 11 Figura 2, Figura 3 y Figura 4, se determinan los coeficientes de pérdidas de los accesorios en este tramo, que son los siguientes:

Accesorio	Unidad	Factor de Pérdida (K)
Codo Ø276 De 30°	2	0,27

Aplicando la ecuación 2.8 se calcula la pérdida por accesorios, que es la suma total de todos los accesorios que existen en este tramo de tubería.

$$h_{acces} = \left(\sum n \cdot k \right) \cdot VP$$

$$h_{acces} = (2 \cdot 0.27) \cdot 20.22$$

$$\mathbf{h_{acces} = 10.92 mmH_2O}$$

Si el ducto parte sin campana no existiría cambio de velocidad se utilizaría ($VP=0$ y $h_0=0$) y aplicando la ecuación 2.11, la presión estática en este tramo será:

$$SP = VP + h_0 + h_{Lt} + h_{acces}$$

$$SP = 20.22 + 3.44 + 16.1 + 10.92$$

$$\mathbf{SP = 50.68 mmH_2O}$$

Para efecto de cálculo se resumirá la determinación de las pérdidas de presión en los demás tramos de ductos, por lo que el proceso es repetitivo.

Datos tramo D3 – D11

$$Q = 1.000 \frac{m^3}{h}$$

$$V = 18 \frac{m}{s}$$

$$D = 140 \text{ mm}$$

$$VP = 20.22 \text{ mmH}_2\text{O}$$

$$L = 7.8 \text{ m}$$

Parte con campana.

$$H_0 = 3,44 \text{ mm H}_2\text{O}$$

Caída de presión para ductos circulares:

$$h_{l/m} = 24 \text{ Pa} = 2.4 \text{ mm/mH}_2\text{O}$$

Caída de presión a lo largo del tramo:

$$h_{Lt} = h_{l/m} \cdot L_{D15}$$

$$h_{Lt} = 2.4 \cdot 7.8$$

$$\mathbf{h_{Lt} = 18.72 \text{ mmH}_2\text{O}}$$

Accesorios a lo largo del tramo.

ACCESORIO	UNIDAD	FACTOR DE PÉRDIDA (k)
Codo Ø140 de 30°	1	0,27

$$h_{acces} = \left(\sum n \cdot k \right) \cdot VP$$

$$h_{acces} = (1 \cdot 0.27) \cdot 20.22$$

$$\mathbf{h_{acces} = 5.46 \text{ mmH}_2\text{O}}$$

La presión estática del tramo es:

$$SP = VP + h_0 + h_{Lt} + h_{acces}$$

$$SP = 20.22 + 3.44 + 18.72 + 5.46$$

$$\mathbf{SP = 47.84 \text{ mmH}_2\text{O}}$$

Datos tramo D4 – D11

$$Q = 9.000 \frac{m^3}{h}$$

$$V = 18 \frac{m}{s}$$

$$D = 420 \text{ mm}$$

$$VP = 20.22 \text{ mmH}_2\text{O}$$

$$L = 27.73 \text{ m}$$

Parte con campana.

$$H_0 = 3,44 \text{ mm H}_2\text{O}$$

Caída de presión para ductos circulares:

$$h_{l/m} = 7,5 \text{ Pa} = 0,75 \text{ mm/mH}_2\text{O}$$

Caída de presión a lo largo del tramo:

$$h_{Lt} = h_{l/m} \cdot L_{D15}$$

$$h_{Lt} = 0,75 \cdot 27.73$$

$$\mathbf{h_{Lt} = 20.80 \text{ mmH}_2\text{O}}$$

Accesorios a lo largo del tramo.

ACCESORIO	UNIDAD	FACTOR DE PERDIDA (k)
Codo Ø420 de 30°	1	0,27

$$h_{acces} = \left(\sum n \cdot k \right) \cdot VP$$

$$h_{acces} = (1 \cdot 0.27) \cdot 20.22$$

$$\mathbf{h_{acces} = 5.46 \text{ mmH}_2\text{O}}$$

La presión estática del tramo es:

$$SP = VP + h_0 + h_{Lt} + h_{acces}$$

$$SP = 20.22 + 3.44 + 20.80 + 5.46$$

$$\mathbf{SP = 49.92 mmH_2O}$$

Datos tramo D4 – D7

$$Q = 3.600 \frac{m^3}{h}$$

$$V = 18 \frac{m}{s}$$

$$D = 260 mm$$

$$VP = 20.22 mmH_2O$$

$$L = 17.0 m$$

Parte con campana.

$$H_0 = 3,44 mm H_2O$$

Caída de presión para ductos circulares:

$$h_{l/m} = 11 Pa = 1.1 mm/mH_2O$$

Caída de presión a lo largo del tramo:

$$h_{Lt} = h_{l/m} \cdot L_{D15}$$

$$h_{Lt} = 1.1 \cdot 17.0$$

$$h_{Lt} = 18.7 \text{ mmH}_2\text{O}$$

Accesorios a lo largo del tramo.

ACCESORIO	UNIDAD	FACTOR DE PERDIDA (k)
Codo Ø260 de 30°	1	0,27
Reducción de Ø290 a Ø260 mm	1	0,15

$$h_{acces} = \left(\sum n \cdot k \right) \cdot VP$$

$$h_{acces} = (1 \cdot 0.27 + 1 \cdot 0.15) \cdot 20.22$$

$$h_{acces} = 8.49 \text{ mmH}_2\text{O}$$

La presión estática del tramo es:

$$SP = VP + h_0 + h_{Lt} + h_{acces}$$

$$SP = 20.22 + 3.44 + 18.7 + 8.49$$

$$SP = 50.85 \text{ mmH}_2\text{O}$$

Datos tramo D5 – D9

$$Q = 4.250 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$V = 18 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$D = 290 \text{ mm}$$

$$VP = 20.22 \text{ mmH}_2\text{O}$$

$$L = 15,85 \text{ m}$$

Parte con campana.

$$H_0 = 3,44 \text{ mm } H_2O$$

Caída de presión para ductos circulares:

$$h_{l/m} = 12 \text{ Pa} = 1.2 \text{ mm/mH}_2O$$

Caída de presión a lo largo del tramo:

$$h_{Lt} = h_{l/m} \cdot L_{D15}$$

$$h_{Lt} = 1.2 \cdot 15.85$$

$$\mathbf{h_{Lt} = 19,02 \text{ mmH}_2O}$$

Accesorios a lo largo del tramo.

ACCESORIO	UNIDAD	FACTOR DE PERDIDA (k)
Codo Ø290 de 30°	1	0,27
Reducción de Ø420 a Ø290 mm	1	0,15

$$h_{acces} = \left(\sum n \cdot k \right) \cdot VP$$

$$h_{acces} = (1 \cdot 0.27 + 1 \cdot 0.15) \cdot 20.22$$

$$\mathbf{h_{acces} = 8.49 \text{ mmH}_2O}$$

La presión estática del tramo es:

$$SP = VP + h_0 + h_{Lt} + h_{acces}$$

$$SP = 20.22 + 3.44 + 19,02 + 8.49$$

$$\mathbf{SP = 51.17 mmH_2O}$$

Datos tramo D8 – D11

$$Q = 500 \frac{m^3}{h}$$

$$V = 18 \frac{m}{s}$$

$$D = 110 \text{ mm}$$

$$VP = 20.22 \text{ mmH}_2\text{O}$$

$$L = 8,80 \text{ m}$$

Parte con campana.

$$H_0 = 3,44 \text{ mm H}_2\text{O}$$

Caída de presión para ductos circulares:

$$h_{l/m} = 40 \text{ Pa} = 4 \text{ mm/mH}_2\text{O}$$

Caída de presión a lo largo del tramo:

$$h_{Lt} = h_{l/m} \cdot L_{D15}$$

$$h_{Lt} = 4,0 \cdot 4,80$$

$$\mathbf{h_{Lt} = 19,2 mmH_2O}$$

Accesorios a lo largo del tramo.

ACCESORIO	UNIDAD	FACTOR DE PERDIDA (k)
Codo Ø100 de 30°	1	0,27
Reducción de Ø260 a Ø110 mm	1	0,15

$$h_{\text{aces}} = \left(\sum n \cdot k \right) \cdot VP$$

$$h_{\text{aces}} = (1 \cdot 0.27 + 1 \cdot 0.15) \cdot 20.22$$

$$\mathbf{h_{\text{aces}} = 8.49 \text{ mmH}_2\text{O}}$$

La presión estática del tramo es:

$$SP = VP + h_0 + h_{Lt} + h_{\text{aces}}$$

$$SP = 20.22 + 3.44 + 19,2 + 8.49$$

$$\mathbf{SP = 51,35 \text{ mmH}_2\text{O}}$$

De las condiciones expuestas, por la ampliación requerida por el Cliente final, se tiene previsto una ampliación de otra línea independiente y se guarda un factor equivalente al 40% de la capacidad nominal, por lo que para efectos de pérdidas o caídas de presión en esta futura ampliación.

Pérdidas proyectadas: 40% total de pérdidas.

Para el análisis de equilibrio de presión que llegan a un mismo punto se considera como norma básica lo siguiente:

- Si la diferencia es menor del 5%, se los consideran iguales.
- Si la diferencia está entre 5-30%, se redimensiona el flujo del tramo con menos pérdidas.
- Si la diferencia es mayor del 30%, se redimensiona el diámetro de las tuberías.

De todos los tramos analizados se toma de referencia uno, en este caso se toma el tramo D4-D11, y la diferencia en relación de presiones estáticas, entre dicho tramo los demás tramos son, D1-D2 el 1,52%, D3-D11 el 4,17%, D4-D7 el 1,86%, D5-D9 el 2,50% y D8-D11 el 2,87%, como se puede observar ningún de los tramos presenta una diferencia superior al 5%. Por lo que NO es necesario, cambiar el diámetro, aumentar o disminuir la longitud de la tubería, o cambiar el valor del flujo del tramo.

A continuación se resumen en una tabla todas las dimensiones de cada uno de los ductos y sus principales características, tabla 13:

TABLA 13

CARACTERÍSTICAS DE LOS TRAMOS CORRESPONDIENTES A LA RED DE TUBERÍAS DEL SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE POLVO.⁴¹

<i>TRAMO</i>	<i>L (m)</i>	<i>D (mm)</i>	<i>SP (mmH₂O)</i>	<i>V(m/s)</i>	<i>Q(m³/h)</i>
D1-D2	14.00	276	50.68	18	3.750
D3-D11	7.80	140	47.84	18	1.000
D4-D11	27.73	420	49.92	18	9.000
D4-D7	17.00	260	50.85	18	3.600
D5-D9	15.85	290	51.17	18	4.250
D8-D11	8.80	110	51.35	18	500

Aplicando la ecuación (2.11) y reemplazando por los valores de presiones de la tabla 19, la caída de presión total a lo largo de la red de tuberías, es:

$$\Delta P = 20.19 - (-77.52)$$

$$\Delta P = 97.71 \text{ mmH}_2\text{O}$$

Colector de polvo.⁴²

El cuerpo principal del colector tiene 3 secciones; una sección de aire limpio (plenum limpio) en la parte superior, la cámara de filtrado

⁴¹ FUENTE: El Autor.

⁴² FUENTE: Arias, Juan, *Análisis al Sistema de Desempolvado del Área de Trituración de Caliza en la Planta Cerro Blanco de Holcim Ecuador S.A.* Espol Facultad De Ingeniería Mecánica Y Ciencias De La Producción, Guayaquil, 2006

que contiene un número de mangas cilíndricas en la parte central, y una tolva para alojar el polvo en la parte inferior. Las tres partes mencionadas están separadas por una lámina que tiene como fin mantener la cámara de filtrado separada del plenum de aire limpio.

El aire contaminado entra al colector pasando por un difusor, que absorbe el impacto de las partículas debido a su velocidad al ingresar, distribuyendo el aire y reduciendo la velocidad. Al reducir la velocidad de las partículas, causa que las más pesadas se precipiten a la tolva para ser descargadas posteriormente fuera del filtro. El aire con las partículas más finas fluye hacia la unidad o cámara de filtrado depositando las partículas del polvo fino en la parte exterior de las mangas. El aire limpio continúa hacia el plenum limpio y finalmente llega a la atmósfera, figura 2.53.

Las mangas periódicamente se limpian por un momentáneo pulso de alta presión de aire comprimido que viene desde la parte limpia del filtro. Las flautas, ubicadas en base a un arreglo rectangular formando filas sobre cada fila de las mangas, son las encargadas de llevar el aire comprimido y generar el pulso.

El golpe de aire generado por el pulso se optimiza con el uso de venturis localizados en la parte superior de las mangas, que logra

una distribución uniforme del pulso de aire a lo largo de la manga en las dos vías (ida y retorno).

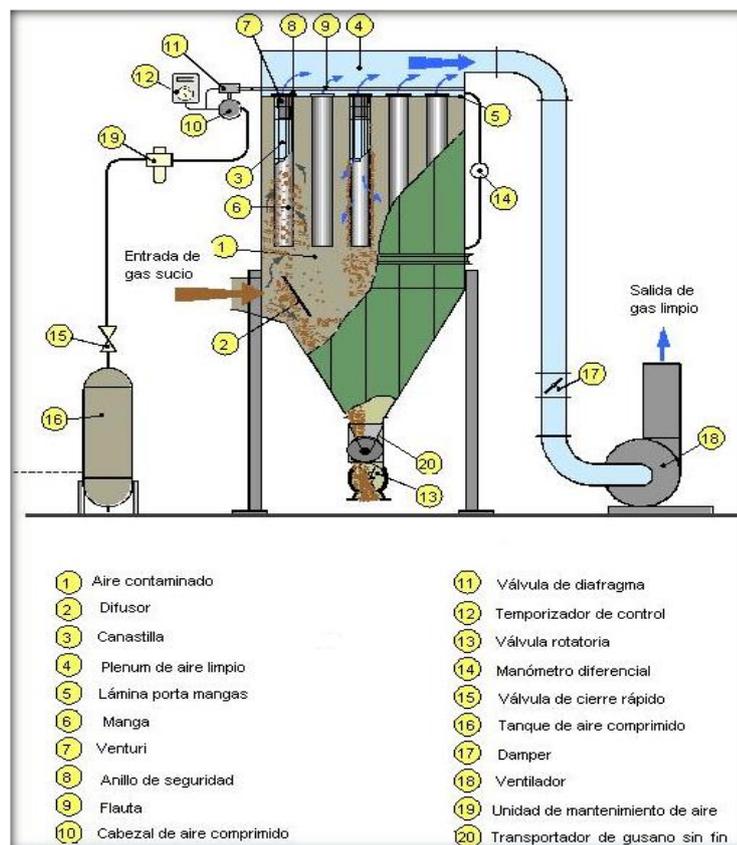


FIGURA 2.53. ELEMENTOS MECÁNICOS EN UN COLECTOR DE POLVO PULSE-JET⁴³

Velocidad de Filtración (Relación aire-tela)

La velocidad de filtración para obtener la caída de presión total se la conoce como la relación gas tela, que se la define como la razón entre el gas filtrado de un metro cubico por minuto y el medio

⁴³ FUENTE: Holcim Design Criteria; Holcim Group Support; Fabric Dust Collection; p. B1/5

filtrante de un metro cuadrado de área; se la expresa como la ecuación (2.12):

$$A/T = V_f = \frac{Q \left[\frac{m^3}{min} \right]}{A_T [m^2]} \quad (2.12)^{44}$$

De donde Q es el caudal de diseño del colector y del sistema y AT es el área total filtrante, que viene dada por la ecuación 2.13:

$$A_T = \pi \cdot C_m \cdot D_m \cdot L_m \quad (2.13)^{45}$$

Siendo C_m la cantidad de mangas en el filtro, D_m el diámetro de las mangas y L_m la longitud de las mangas, y utilizando la ecuación (2.13) se obtiene:

$$A_T = \pi \cdot 228 \cdot 0.152 \cdot 2.54$$

$$A_T = 276.54m^2$$

Y con la ecuación (2.12) se obtiene la relación aire tela

$$A/T = V_f = \frac{375 \frac{m^3}{min}}{267.5m^2}$$

$$A/T = 1.52 \frac{m^3}{m^2 \cdot min}$$

⁴⁴ FUENTE: Holcim Design Criteria; Holcim Group Support; Fabric Dust Collection; p. B1/17

⁴⁵ Idem., P.18

TABLA 14
RELACIONES DE AIRE TELA TÍPICAS⁴⁶

<i>Tipo de limpieza del colector</i>	<i>Rel. Aire/Tela en m³/min/m²</i>
Sacudido	0.76-0.91
Aire Reverso	0.61-0.76
Plenum Pulse	1.07-1.22
Pulse-Jet	1.52-1.83

Criterio de selección para la tela de filtrado

Existen dos grupos principales de textiles para el filtrado, el tejido y el no tejido (llamado también fieltro), figura 2.54. Cuando se trata del textil tejido, es posible conocer la porosidad debido a que lleva un patrón constante de construcción, mientras que el fieltro, tiene una porosidad infinita (mucho mayor que el textil tejido) debido a la falta de patrón en la costura. En este tipo de textil, la velocidad de filtración es muy alta y no aplica para los filtros de aire reverso porque la tensión que sufren las mangas al limpiar es mayor que en otros tipos de filtros.

⁴⁶ FUENTE: GE, Diseño Básico de Colectores Pulse-Jet GE Energy, p.2

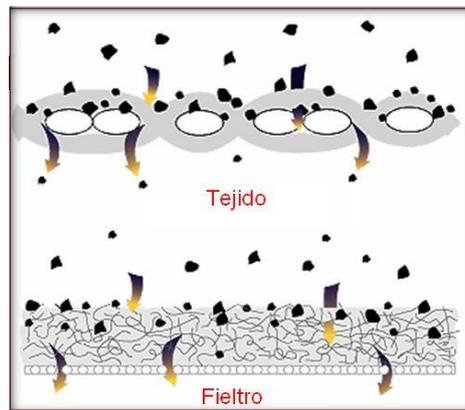


FIGURA 2.54 TIPOS DE TEXTILES PARA MANGAS⁴⁷

La selección del tejido es un aspecto sumamente importante para la operación de cualquier filtro de mangas. En el Anexo 11 se tiene una tabla donde lista algunos de los tejidos en uso actual y proporciona información sobre límites de temperatura y de resistencia química. Dependiendo de la selección, el sistema funcionará correctamente durante la operación o presentará problemas. Entre los aspectos más importantes a considerar para la selección se tiene:

- Tipo de colector, particularmente su tipo de limpieza
- Temperatura
- Composición química de la mezcla gas/polvo
- Abrasividad del material

⁴⁷ FUENTE: BHA, Guía de Referencias y Soluciones de Problemas, 1998, p. 14

Además, el medio filtrante debe satisfacer las siguientes condiciones:

- Alta permeabilidad, para menores pérdidas
- Gran capacidad para soportar esfuerzos
- Estabilidad térmica a temperatura de operación

Dimensionamiento de mangas

Las dimensiones de las mangas dependen de la eficiencia de limpieza y de las dimensiones de la cámara de filtrado. Generalmente el diámetro de las mangas se encuentra entre los 120mm y 160mm. Por efectos de estandarización por parte de los proveedores de mangas, la mayoría de los filtros deben coincidir para que solamente una medida y tipo de mangas sea utilizado.

A medida que aumenta la longitud de las mangas es posible que no queden perfectamente verticales en el montaje, causando que se toquen las mangas en la parte inferior de ellas, provocando desgaste debido a la fricción; además, las mangas más largas (>100") son más difíciles para limpiar en caso de que un agujero sea la causa del ingreso de polvo a la manga.

Se recomienda cumplir la siguiente relación para evitar el problema descrito anteriormente:

$$\frac{L_m[m]}{D_m[m]} \leq 25 \quad (2.14)^{48}$$

Siendo L_m la longitud de la manga y D_m el diámetro de la manga, para este diseño se tiene una manga de $\emptyset = 6''$ y $L = 100''$

$$\frac{100}{6} \leq 25$$

$$16.67 \leq 25$$

Número de mangas por columna

El número máximo de mangas por columna no debe ser mayor a 15 o 16, figura 2.55. Mientras mayor sea el número de mangas, la longitud de la flauta que transporta el aire comprimido para la limpieza será mayor, y con esto las pérdidas serán mayores al llegar a la última columna de mangas, afectando la limpieza.

⁴⁸ FUENTE: Holcim Design Criteria; Holcim Group Support; Fabric Dust Collection; p. B1/19

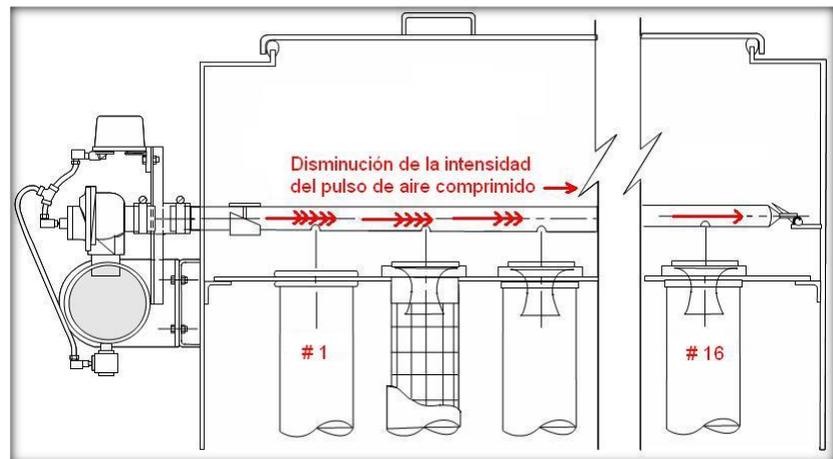


FIGURA 2.55. Número de mangas por columna⁴⁹

Con los valores obtenidos anteriormente se procede a calcular el área de una manga del filtro, con la ecuación 2.15:

$$A = (\pi \cdot \phi \cdot L) + (\pi \cdot R^2) \quad (2.15)^{50}$$

$$A = (\pi \cdot 0.152 \cdot 2.54) + (\pi \cdot 0.076^2)$$

$$A = 1.23m^2$$

El número de mangas viene dado por la ecuación 2.16:

$$\#Mangas = \frac{Q \left[\frac{m^3}{min} \right]}{A/T \left[\frac{m^3}{m^2 \cdot min} \right]} \div A[m^2] \quad (2.16)^{51}$$

$$\#Mangas = \frac{408}{1.5} \div 1.23$$

$$\#Mangas = 221 \text{ Unidades}$$

⁴⁹ FUENTE: BHA, Guía de Referencias y Soluciones de Problemas, 1998, p. 15

⁵⁰ FUENTE: Holcim Design Criteria; Holcim Group Support; Fabric Dust Collection; p. B1/20

⁵¹ Idem., p. 20

Haciendo un arreglo se usaran 19 columnas por 12 filas dando un número de mangas de 228 unidades, siendo este el número de mangas con la que cuenta el filtro en la planta.

$$\#Mangas = 228 \text{ Unidades}$$

Canastillas

Las canastillas son utilizadas con el fin de que en los periodos de limpieza o filtración, las mangas no colapsen manteniendo su forma cilíndrica a lo largo de la misma. Las canastillas son básicamente un alambrado, preferiblemente de una sola pieza y resistente a la corrosión, que tiene forma cilíndrica con anillos de forma circular a lo largo de la manga y con varillas verticales para completar la forma cilíndrica y poder alojarse dentro de la manga, figura 2.56.

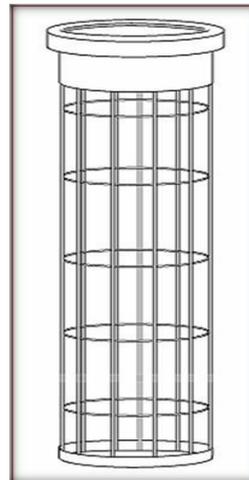


FIGURA 2.56 Canastilla para mangas⁵²

⁵² FUENTE: Holcim Design Criteria; Holcim Group Support; Fabric Dust Collection; p. B1/7

Fijación de las mangas

Las mangas se aseguran a la lámina portamangas en la parte superior de la cámara de limpieza. En ningún momento el seguro de la manga tiene la función de soportar el peso de la canastilla. La canastilla se soporta desde la lámina portamangas en la parte superior de ésta. Los seguros de las mangas se utilizan para que éstas no se suelten durante la limpieza dejando a las canastillas sin superficie filtrante, figura 2.57.

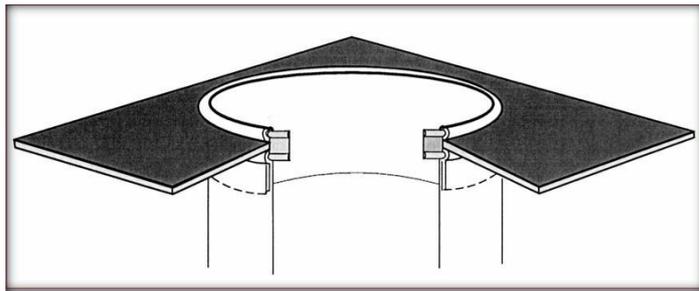


FIGURA 2.57 FIJACIÓN DE MANGAS CON FLEJE METÁLICO.⁵³

Venturis

Los venturis son componentes integrales en la mayoría de colectores del tipo pulse-jet, (Figura 2.58). Se encarga de dirigir el disparo de aire comprimido hacia el centro de la manga con el fin de

⁵³ FUENTE: Holcim Design Criteria; Holcim Group Support; Fabric Dust Collection; p. B1/7

prevenir abrasión provocada por posibles desalineamientos de las flautas.

Una buena configuración de los venturis garantiza un eficiente desprendimiento de la capa de polvo y ahorro en el consumo de aire comprimido al ser más eficiente la limpieza por cada disparo generado.

Si los venturis sufren algún desperfecto, el aire comprimido no alcanza la velocidad requerida para limpiar efectivamente las mangas.

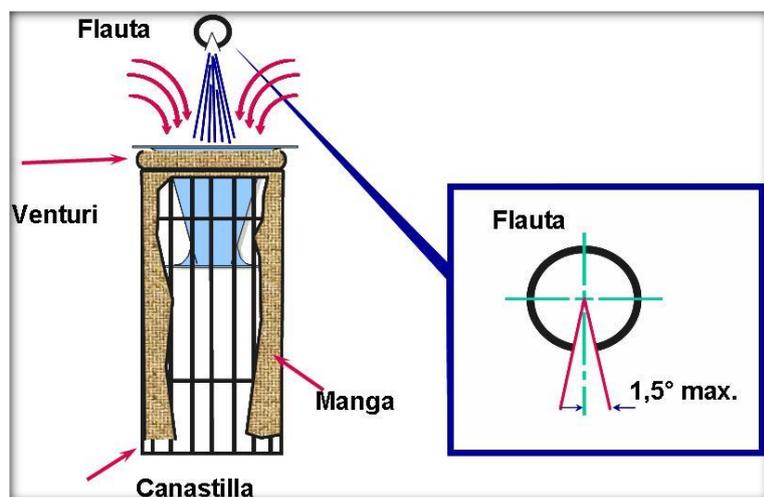


FIGURA 2.58 VENTURI PARA FILTROS DE MANGAS PULSE-JET⁵⁴

⁵⁴ FUENTE: Holcim Design Criteria; Holcim Group Support; Fabric Dust Collection; p. B1/8

Tolva de descarga

Por lo general, el polvo tiende a aglomerarse en las paredes de la tolva debido a que las esquinas son rectas. Se recomienda que las esquinas de las tolvas sean redondeadas y que el ángulo de inclinación no sea menor a 55° .

Un problema frecuente que se presenta, es la aglomeración del material en tolvas piramidales debido a la pequeña abertura de descarga y a la baja inclinación de las paredes evitando que el material se mueva por gravedad con facilidad, figura 2.59

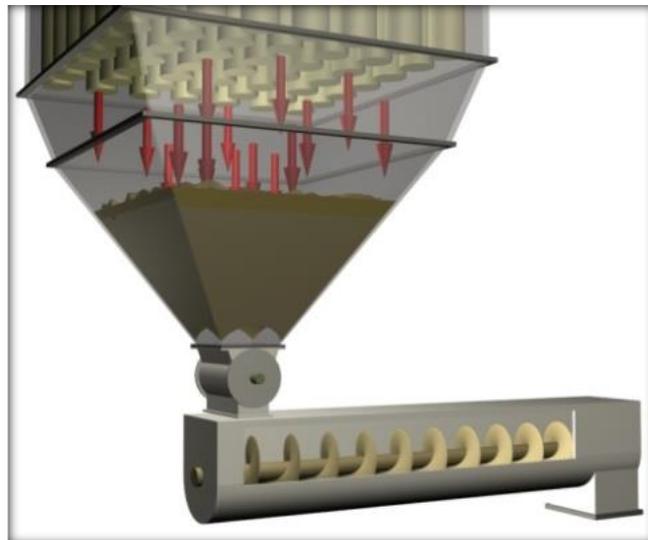


FIGURA 2.59. ATORAMIENTO DE TOLVA⁵⁵

⁵⁵ FUENTE: Holcim Design Criteria; Holcim Group Support; Fabric Dust Collection; p. B1/18

Para este caso, se recomienda modificar la salida colocando un transportador sin fin directamente a la salida de la tolva en lugar de colocar primeramente compuertas doble péndulo o válvulas rotatorias, figura 2.60. Este caso es el que se utiliza en la planta porque tiene mayor eficiencia de recolección.

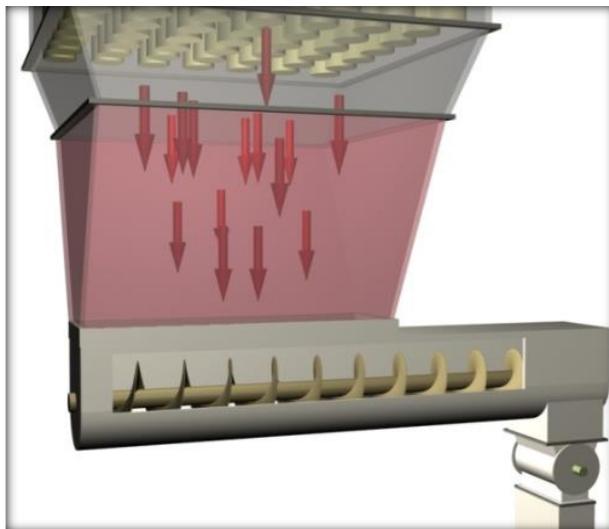


FIGURA 2.60. MODIFICACIÓN DE TOLVA⁵⁶

Transportador de Gusano sin fin⁵⁷

Posterior a la tolva de descarga, se puede colocar un transportador de tornillo que a la vez hace sello para evitar la entrada de aire falso no calculado en el sistema. El órgano de trabajo es el tornillo que

⁵⁶ **Idem.**, p.18

⁵⁷ **FUENTE: GARCÍA**, David, *Equipo para el transporte de materiales de la industria azucarera, transportadores y bomba*, Unidad de producción del EMAV, Cuba, 1987, p.72

gira en un canal cerrado cuya parte inferior tiene forma de semicilindro.

Por lo general para polvos se utiliza tornillos continuos, figura 2.61. Por su costo y mantenimiento se debe tomar en cuenta en el diseño la ubicación del filtro de mangas para que descargue de manera directa solo por ducto hacia el tornillo de recirculación, de este modo se omitirá este cálculo pero si se hará mención el procedimiento de cálculo de los tornillos sin fin.



FIGURA 2.61. TRANSPORTADOR DE TORNILLO SIN FIN CONTINUÓ.⁵⁸

⁵⁸ FUENTE: www.inagromecanica.com

Se debe determinar la máxima velocidad de rotación del eje del tornillo, para ello se debe comenzar asumiendo un valor de diámetro.

$$n_{max} = \frac{A}{\sqrt{D}} \quad (2.17)$$

Dónde:

A es una constante que se obtiene del Anexo 12, Tabla 1 que depende prácticamente de acuerdo al tipo de material que se va a ser transportado a lo largo del tornillo.

Luego se comprueba si los valores asumidos garantizan la capacidad requerida con la ecuación (2.18).

$$Q = 47 \cdot D^2 \cdot p \cdot n \cdot \varphi \cdot \gamma \cdot k \quad (2.18)$$

Donde:

Q es la productividad, Ton/h

D es el diámetro del tornillo, m (se asume) p es el paso de la hélice, m. tabla 2, Anexo 12 φ es el coeficiente de llenado de la sección transversal del tornillo, Anexo 12, tabla1 γ es el peso específico del material, Ton/m³, Anexo 13, k es el coeficiente que tiene en cuenta el ángulo de inclinación del tornillo respecto a la horizontal. Tabla 3,

Anexo 12, n es el número de revoluciones por minuto del tornillo, rpm.

Reemplazando todos los valores antes en mención se obtiene el caudal máximo que puede transportar el tornillo sin fin.

La potencia necesaria por el transportador a plena carga se calcula mediante la ecuación (2.19):

$$P = P_H + P_N + P_{St} \quad (2.19)$$

Dónde:

P_H = potencia necesaria para el desplazamiento del material.

P_N = potencia para el accionamiento del tornillo en vacío.

P_{St} = potencia requerida por la inclinación.

Así pues, la potencia necesaria para desplazar el material se obtiene por la ecuación (2.20):

$$P_H = \frac{Q \cdot L \cdot w_0}{367} \quad (2.20)$$

Dónde:

L es la longitud del transportador entre los ejes de los conductos de alimentación y descarga, m

w_0 es el coeficiente total de resistencia al movimiento, Tabla 1, Anexo 12.

La potencia PN es muy pequeña comparada con la requerida para el desplazamiento del material. El valor es proporcional al diámetro y la longitud del tornillo. Aplicando la ecuación (2.21) se obtiene:

$$P_N = \frac{D \cdot L}{20} \quad (2.21)$$

La potencia requerida por la inclinación, si el tronillo se encuentra en disposición horizontal la potencia es cero.

$$P_{St} = \frac{Q \cdot H}{367} \quad (2.22)$$

Válvulas a la salida⁵⁹

El polvo recogido por la cámara del filtro cae en una tolva por debajo de las bolsas. Esta tolva debe tener un dispositivo de descarga que no sólo libera el polvo acumulado, sino que garantiza un cierre hermético entre la cámara de filtros y el aire exterior para mantener la presión negativa dentro de la unidad. Los dispositivos más utilizados en la tolva de descarga son la válvula rotativa y

⁵⁹ FUENTE: www.colectoresdepolvo.com

válvula simple o doble pendular, que a su vez pueden ser manuales o automáticas, figura 2.62.



FIGURA 2.62. Diferentes tipos de válvulas de salida.

El mantenimiento de estos elementos es igual de importante que cualquier parte del sistema; hay que controlar el desgaste de las aletas de las válvulas rotatorias con respecto a la coraza y de igual manera, el movimiento de las pendulares debe ser libre. Algún trabamiento de una pendular podría generar atoramientos en las tolvas si es que falló cerrada, o entrada constante de aire falso si falló abierta. Para este diseño se utilizará una válvula doble pendular, por sus ventajas de fácil mantenimiento y lo más importante que no consume energía eléctrica y no es ni neumática ni hidráulica.

Cámara limpia⁶⁰

El uso de una cámara de gas limpio en lugar de simples compuertas superiores resulta en una mejor práctica para mantenimiento. La altura de la cámara limpia debe ser mayor que la longitud de las mangas con el fin de poder sacar las canastillas hacia arriba y además para permitir el ingreso del personal de mantenimiento.

Pérdidas en el filtro de mangas.⁶¹

Las pérdidas de presión en el filtro de mangas se producen por dos factores: el primero es la caída de presión cuando los gases circulan por los ductos de entrada y salida, y el segundo es la caída de presión que se produce cuando los gases son filtrados por las mangas. De acuerdo a los valores experimentales que se obtiene al evaluar estas dos pérdidas de presión, se debe considerar que la primera es despreciable con respecto a la segunda. Por esta razón se procede a evaluar la pérdida de presión que se produce cuando los gases son filtrados al atravesar las mangas.

Cuando las mangas están limpias se produce una caída de presión determinada, la misma que va aumentando a medida que pasan los

⁶⁰ **FUENTE:** Arias, Juan, *Análisis al Sistema de Desempolvado del Área de Trituración de Caliza en la Planta Cerro Blanco de Holcim Ecuador S.A.* Espol Facultad De Ingeniería Mecánica Y Ciencias De La Producción, Guayaquil, 2006

⁶¹ **Idem.**

gases, ya que, se va acumulando el polvo en la superficie filtrante. Se debe entonces inyectar un chorro de aire comprimido cada determinado tiempo para limpiar las mangas y evitar que la caída de presión sea demasiado elevada.

La pérdida de presión, cuando las mangas están limpias se la puede calcular con la siguiente fórmula empírica determinada por Dennis & Klemm⁶² (1979):

$$(Pe)_{\Delta w} = 1045 \cdot V_f \cdot P_f^{-0.65} \quad (2.23)$$

Luego que transcurre cierto tiempo t , la caída de presión es:

$$\Delta P_f = (Pe)_{\Delta w} + K_2 \cdot W_0 \cdot V_f \quad (2.24)$$

$$W_0 = C_i \cdot V_f \cdot t \quad (2.25)$$

Donde:

C_i = Es la cantidad de polvo que circula por unidad de longitud de volumen de gas.

$$C_i = 0.01$$

V_f = La velocidad de filtración.

$$V_f = 1.5 \text{ m/min}$$

⁶² **DENNIS Y KLEMM (1979:)** Propusieron la ecuación semiempírica para la eficiencia total en función del tiempo de operación entre los ciclos de limpieza.

t = Es el tiempo en segundos entre los pulsos de aire comprimido que se aplican a una manga para su limpieza.

K_2 = Es la resistencia al flujo debido a la acumulación de polvo en la superficie de la manga, este valor se lo determina experimentalmente.

$$K_2 = 1.5 \times 10^5$$

P_f = Es la presión a la cual se inyectan los pulsos de aire comprimido, esta presión no debe pasar del rango de 415-830 KPa, para este caso específico es:

$$P_f = 552 \text{ KPa}$$

W_0 = Es la masa de polvo como una función del tiempo.

Por lo tanto, aplicando la ecuación (2.23), la caída de presión luego de inyectar el pulso de aire para la limpieza de mangas es:

$$(Pe)_{\Delta w} = 1045 \cdot 0.025 \cdot 552^{-0.65}$$

$$(Pe)_{\Delta w} = 0.413 \text{ KPa}$$

$$(Pe)_{\Delta w} = 42.14 \text{ mmH}_2\text{O}$$

Si el tiempo de filtración de 5 minutos, es decir 300 segundos, aplicando la ecuación (2.25) se tiene que la cantidad de polvo por unidad de tiempo es:

$$W_0 = 0.01 \cdot 0.025 \cdot 300$$

$$W_0 = 0.075 \text{ Kg/m}^2$$

La diferencia de presión encontrada en el filtro de mangas aplicando la ecuación (2.24) es:

$$\Delta P_f = 0.424 + \frac{1.5 \times 10^5 \cdot 0.075 \cdot 0.025}{1000}$$

$$\Delta P_f = 0.71 \text{ KPa}$$

$$\Delta P_f = 72.40 \text{ mmH}_2\text{O}$$

Selección del ventilador.⁶³

Para la selección del ventilado se requiere calcular la caída de presión a lo largo del todo el sistema de extracción que será, la suma de la caída de presión de la red de tuberías y la caída de presión del colector de polvo, aplicando la ecuación (2.11), para la caída de presión en la red de tuberías.

$$SP_{vent} = 97.71 + 72.40$$

$$SP_{vent} = -170.11 \text{ mmH}_2\text{O}$$

⁶³ FUENTE: GE, Principios Básicos de Ventiladores GE Energy, p.7

Donde:

$$SP_{vent} = \textit{Presion total necesaria del ventilador.}$$

El valor negativo es debido a que representa la presión negativa que deberá originar el ventilador centrífugo, el mismo que se encuentra en el rango de los ventiladores de media presión que van desde 100 - 300mm col H₂O.

La selección del ventilador se basará principalmente en la comparación de diferentes modelos (curvas de funcionamiento), proporcionando la eficiencia mecánica mayor posible en el punto de operación determinado. Todo lo anteriormente detallado depende del criterio de selección del diseñador.

El ventilador a seleccionar, se lo colocará en la zona de aire limpio, en la parte superior del cuerpo del colector, por lo tanto debe cumplir las siguientes características:

- Tipo centrífugo.
- De alabes hacia atrás (alta eficiencia).
- Operación con aire limpio, sin abrasión.
- Caída de presión Total= 170.11 mmH₂O=170110Pa

- Caudal = 24500 m³/h
- Temperatura de Operación: Entre 30 y 60°C.
- Eficiencia Mecánica: alrededor del 70%.
- Potencia Requerida:

La potencia de consumo adecuada que necesita el ventilador depende de la resistencia que debe vencer o caída de presión y del caudal que debe generar con la ecuación 2.26:

$$P = \frac{Q \cdot \Delta p}{3600 \cdot 75 \cdot n_t} \quad (2.26)$$

$$P = \frac{24500 \cdot 170.11}{3600 \cdot 75 \cdot 0.7}$$

$$P = 22.05kW(29.56HP)$$

Existen diferentes maneras de ubicar el ventilador, esto depende de donde se quiera evacuar el aire para ello se dispone de una tabla de las posibles posiciones de la salida de la boca de aspiración que pueden dividirse en posiciones normales y posiciones especiales, totalizando un número de 16, y todas ellas se muestran en el Anexo 13, Figura 1.

En el sistema de limpieza pulse - jet es necesario saber cuántas válvulas solenoides son requeridas, normalmente la selección de

una válvula de control se basa en el criterio de la relación de flujo Q (caudal) que se necesita producir, pero en este caso el principal requerimiento es generar un pulso de aire comprimido muy corto en duración (de 0.1 a 0.3 segundos) constante.

Se puede consultar al fabricante, con las siguientes condiciones de funcionamiento para su respectiva selección de válvula:

- Presión de limpieza = 80 psi (0.55Mpa)
- Tiempo de apertura = 250 ms (Valor típico de las Válvulas para filtros de mangas)
- Número de mangas = 228

2.7 Selección del Sistema de Secado

1. Para mejorar el rendimiento del proceso de molienda de Cemento en el Molino tubular de Bolas, por molturabilidad se recomienda que las partículas de mezcla para elaboración del cemento (clinker, yeso, puzolana, cliza) tengan una humedad relativa menor al 4% en cada uno de sus productos que lo compondrán. Por esta razón, un eje principal para el mejoramiento del índice de producción y mejora de capacidad de producción es permitir alimentar la puzolana que se obtiene

de la explotación con una humedad relativa del 15% de forma natural.

2. Para este proceso de cambio de humedad del producto del 15% a una humedad inferior al 4% para mejorar las condiciones de molturabilidad del proceso de molienda para fabricación de cemento, se requerirá implementar un sistema de secado. Para el efecto se empleará un sistema de combustión con un agente de combustión por Bunker, el cual permitirá mantener una llama constante a un caldero que mediante un hogar o refugio de combustión permitirá quemar, secar o calentar el material para modificar su temperatura.
2. El sistema de secado contará con un tambor en cuyo interior contará con aletas que permitan rotar el material, para así homogenizar la combustión por todo el material, y permitiendo liberar en el centro del mismo los gases de combustión hacia el filtro de desempolvado, que además de captar los gases, asegurará que no se liberen partículas de finos al medio ambiente mediante la captación de polvos por mangas filtrantes.
3. Se analiza el esquema planteado por el proveedor ALLGAIER, de procedencia alemana, cuya marca tiene amplia experiencia en el sector cementero con este tipo de equipos.

4. En la Tabla 15 se detallan las características del equipo seleccionado:

TABLA 15
CARACTERÍSTICAS DEL SECADOR⁶⁴

Technical data (at rated capacity)			
Material:	Puzzolane	(sample not available and checked at issuing date of this document; medium abrasivity assumed, not sticky and not corrosive assumed)	
Grain size:	0-32	mm	
Grain distribution:	0-1	mm	10 %
	1-2	mm	20 %
	2-4	mm	20 %
	4-8	mm	20 %
	8-16	mm	20 %
	16-32	mm	10 %
Bulk density:	850	kg/h	
specific heat capacity	0,88	kJ/(kg*K)	
Height of location:	2.800	m	above sea level
Climatic conditions of location:	0-35	°C	ambient temperature range during year
Mains specification at location:	480 V / 60 Hz		
Ambient air temperature:	20	°C	(assumption for calculation)
Wet material temperature:	10	°C	(assumption for calculation)
Heating medium:	Bunker C oil (according to specification from 10 th Nov. 2011)		
Lower calorific value of oil:	40,55	MJ/kg	(assumption for calculation)
Wet material feed:	33.880	kg/h	(at initial moisture 15 %)
Initial moisture:	15	%	(design figure)
Water evaporation:	3.880	kg/h	(design figure)
Dry material capacity:	30.000	kg/h	(at final moisture 4 %)
Final moisture:	4	%	(design figure; average over grain spectrum)
Hot gas temperature:	700-750	°C	(at dryer inlet)
Heating capacity:	4.064	kW	(installed burner capacity: 4.900 kW)
Oil consumption (Bunker C oil):	360	kg/h	
Dry material temperature:	65-75	°C	(average temperature over grain spectrum)
exhaust air temperature:	130-150	°C	above acid condensation temperature
exhaust air volume:	21.200	Nm ³ /h	(at standard conditions)
	37.000	m ³ /h	(at 1.000 haPa and 140°C; incl. 15 % reserve)
	52.000	m ³ /h	(at 700 haPa and 140°C; incl. 15 % reserve)

⁶⁴ FUENTE: ALLGAIER, www.allgaier.de/Rotarydryer

2.8 Selección del Sistema de Triturado⁶⁵

Uno de los objetivos principales del proyecto es el mejoramiento de los indicadores de producción del proceso de molienda de cemento y mejoramiento en calidad del producto a despachar a granel de puzolana; gracias al aumento de producción de mínimo el 15% de la capacidad actual de la molienda de cemento, y una reducción del consumo específico en el molino de bolas del mínimo 10% Kwh/t.

Preparar los materiales para la alimentación al molino o a su despacho con la finalidad de conseguir una mezcla homogénea de partículas con un tamaño inferior a 6 mm.

El sistema de premolienda o trituración para la producción de cemento, se puede preparar de dos maneras; la primera deberá preparar la mezcla de todos los materiales que van a ser alimentados al molino de bolas con el siguiente esquema (clinker 64%, yeso 4%, 25% puzolana natural, 7% caliza); y la segunda deberá preparar la mezcla solo de puzolana que será almacenado en un Silo de almacenamiento para su posterior despacho.

⁶⁵ FUENTE: Magotteaux, fabricante belga de trituradora de impacto. Catálogo de equipos.

Ambos esquemas de producción, se basan en el siguiente principio de operación:

- Transportar la mezcla hacia el elemento clasificador.
- Clasificar el tamaño de la partícula mediante una criba vibratoria o equipo similar, con una capacidad de máximo 250 Ton/h; el material menor a 4 mm se descargará como producto final al Silo de almacenamiento para su posterior despacho por una banda transportadora; el material con granulometría comprendida entre 4 mm a 80 mm se descarga hacia un Triturador de impacto de eje vertical o similar y el material con un tamaño superior a 80 mm se descargará como rechazo hacia una tolva para otro tratamiento.
- Reducción del tamaño de las partículas mediante un Triturador que puede ser de impacto de eje vertical o similar, con una capacidad de alimentación máxima de 150 Ton/h y el producto con un tamaño menor a 4 mm; cuya descarga se alimenta al elemento de transporte hacia un elemento clasificador de circuito cerrado (recirculación).

Una vez establecidas las condiciones de diseño y selección del equipo por parte del Cliente en sus bases de licitación; se procedió a analizar y escoger el proveedor y equipo de trituración para el

proceso respectivo; dando como datos relevantes de levantamiento de información, presentados en la Tabla 16:

Tabla 16
Características de Equipo de Trituración⁶⁶.

Descripción	Valores
<i>Tipo</i>	Eje vertical
<i>Capacidad de trituración</i>	Mín. 150 Ton/h
<i>Tiempo de operación</i>	24 horas/día
<i>Material a reducir</i>	Clinker, yeso, puzolana y caliza
<i>Temperatura máxima material</i>	Máx. 120°C
<i>Tamaño partícula alimentación</i>	Máx. 80 mm
<i>Tamaño partícula producto final</i>	Máx. 4 mm

Para la correcta selección del equipo y de su diseño de procesamiento para definir las velocidades de giro, potencias y rendimientos del equipo; se requiere analizar la granulometría del material a triturar (figura 2.63; 2.64).

⁶⁶ FUENTE: Bases de Concursos licitación, Concurso público REGNCP-IG-19752-2012, p.22

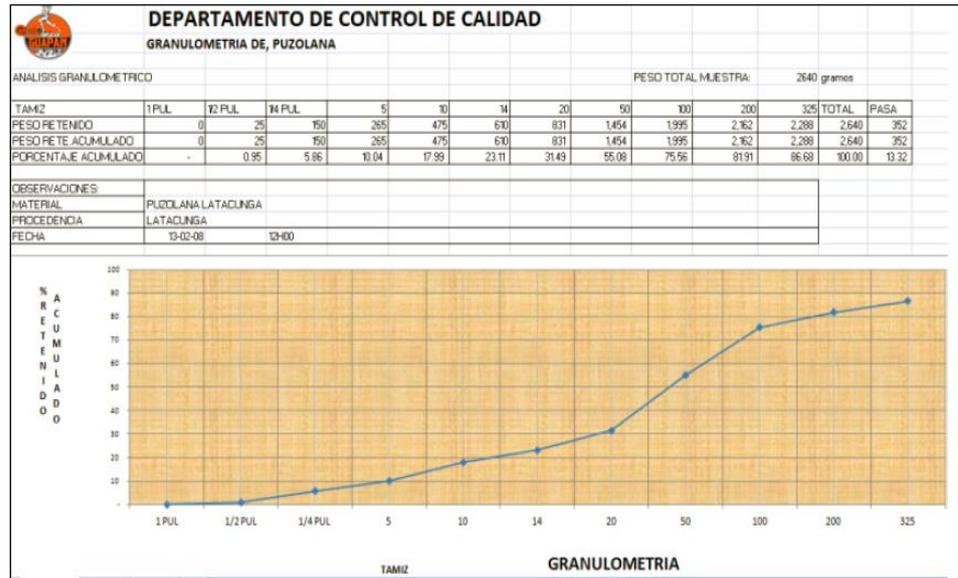


Figura 2.63 Granulometría de puzolana.

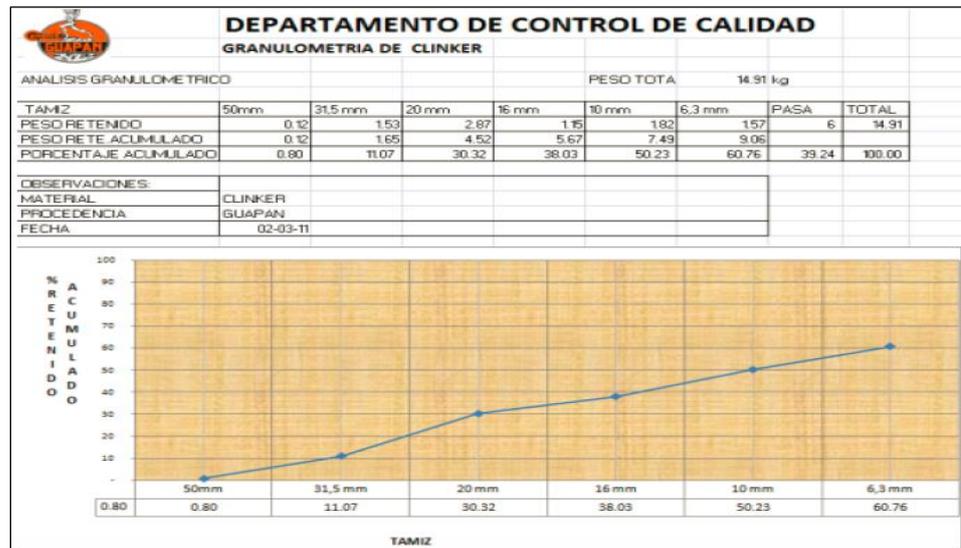


Figura 2.64 Granulometría de Clinker.

TRITURADORA DE IMPACTO DE EJE VERTICAL ⁶⁷

La trituradora de impacto es una máquina que aprovecha la energía de un impacto o golpe para romper el material. En general, estas máquinas proporcionan curvas mejor graduadas en relación a las machacadoras de mandíbulas, así como un buen factor de forma cúbica. No son adecuadas para material abrasivo, salvo que esté sea de menor resistencia a los elementos de sacrificio dentro de la trituradora por aleaciones de cromo que combina la extrema dureza, gran resistencia a la abrasión de la cerámica con la tenacidad (resistencia al choque) que brinda el Cr.

Principio de funcionamiento:

- 1.- Los materiales entran en el impactor por la tolva de alimentación.
- 2.- De allí, caen al centro de la mesa abierta.
- 3.- Los eyectores proyectan con fuerza los materiales sobre las corazas dispuestas alrededor de la trituradora. Los eyectores resistentes a la abrasión transmiten energía a las partículas proyectadas.

⁶⁷ FUENTE: Magotteaux, fabricante belga de trituradora de impacto. Catálogo de equipos.

4.- La forma de la coraza determina el ángulo de impacto de las partículas y puede elegirse en función del material a triturar y también de las aplicaciones.

La velocidad de la mesa proporciona la energía necesaria a las partículas proyectadas. La elección de dicha velocidad influye directamente en el grado de reducción del impactor. Se ha diseñado la geometría de las corazas para conseguir un impacto óptimo.

Características del impactor de eje vertical:

- Cubicidad inigualable.
- Coeficientes de reducción variables a gusto del usuario.
- Granulometría de salida constante, independiente del desgaste.
- Producciones elevadas de alto tonelaje.
- Tamaño de partícula de ingreso que alcanza los 180 mm.
- Trituración económica de materiales abrasivos.
- Disminución del consumo energético.

Con estas características analizadas del Triturador de Impactor de Eje vertical, procede a buscar los referentes en las marcas y modelos que nos ofrece el mercado de proveedores. En consultas realizadas a los principales productores de materias primas para cemento, con aplicación directa en minería, nos han recomendado

un equipo Triturador VSI (Vertical Shaft Impactor) de la marca MAGOTTEAUX. Esta marca es especialistas en proceso de trituración y molienda, en el diseño y construcción de elementos de desgastes.

Se solicitan los modelos al proveedor MAGOTTEAUX, y se realiza la selección, los modelos se presentan en la Tabla 17:

TABLA 17

Tabla selección de Trituradora

MODELO MAG´Impact II	2100	2400	2700
Tamaño máximo alimentación (mm) (según la dimensión mayor de la piedra)	80	130	180
Velocidad de rotación máxima	1480 (67 m/s)	1385 (70 m/s)	1050 (65 m/s)
Capacidad máxima (Ton/h)	80 – 150	100 – 350	200 - 500
Potencia instalada (kW) *para capacidad máxima	110-220*	110-400*	200-500*
Diámetro de la mesa (mm)	867	974	1180
Peso sin motor (Ton)	11	15	18
Número de corazas	18 – 16	18 – 19	20 - 12
Número de eyectores	4	3,4 ó 6	4 ó 5

Con las características y especificaciones detalladas para este proyecto, se selecciona el modelo **MAG´Impact 2100** por su capacidad en toneladas por hora, por su tamaño de partícula de

aceptación. A continuación detallados las características técnicas del equipo y modelo escogido.

FICHA TÉCNICA DEL EQUIPO SELECCIONADO

MAG´Impact 2100

Características principales:

- Capacidad máxima : 150 Ton/h
- Potencia máxima : máx. 200 kW
- Tamaño máximo alimentación: 80 mm (diagonal)
- Peso total aproximado : 11.000 Kg

Cuerpo: diámetro interior de 1800 mm, construido en chapa de acero arenada antes de ser pintada.

Tapa con sistema de elevación hidráulico:

Tolva de alimentación octogonal de 960x960 mm.

Tubo de entrada de 360 mm de diámetro.

Puerta de inspección.

Posibilidad de giro 360° para tener acceso al interior del molino.

Mesa: de 860 mm de diámetro con 4 eyectores XWin QCA 102.

Conjunto de pedestal: con eje vertical, mesa soporte y rodamientos de rodillos.

Anillo soporte de corazas laterales: para 18 corazas QCA 213.

Grupo Hidráulico: para la lubricación continua del eje vertical y para el levantamiento de la tapa.

Detector de vibraciones: 2 consignas; alarma y parada.

Horómetro: pantalla con las horas de operación para programación de mantenimiento.

Central automática de alimentación de grasa: para el conjunto del sello superior del pedestal.

Interruptor de seguridad: permite la apertura de la puerta de inspección o levantamiento de la tapa solo si la mesa no está girando.

Correas y poleas: tipo SPC, con centro removible.

Soporte motor: para la fijación vertical del motor eléctrico en posición vertical.

Sistema de tensionamiento de correas: dos tornillos de acero inoxidable con pins traba de gravedad.

Revestimientos antidesgaste: construido por piezas coladas en fundición al cromo y que protegen:

- el interior de la cuba.
- el interior de la tapa.
- la parte superior de la mesa. (alternativa CREUSABRO)
- la periferia de la mesa.
- la entrada de los materiales.

- el túnel de transmisión.
- la protección del pedestal.

Panel eléctrico de control: interfaz entre MIP y el armario – control y suministro para el grupo de hidráulico, central de alimentación de engrase automático, dispositivos de seguridad – luces de señalización – parada de emergencia. El panel de control está enteramente cableado y etiquetado.

Estructura de soporte para el MAG´Impact 2100: con pasadizo a lo largo de la misma.

Tolva colectora de polvo: debajo del MAG´Impact / estructura de soporte para alimentación al Elevador de recirculación, con sellado flexible.

UNIDAD DE ACCIONAMIENTO PARA EL MAG´IMPACT 2100, INCLUYENDO MOTOR Y ARMARIO ELÉCTRICO

Características:

- Un motor de 250 kW, 460V, 60 Hz, 1480 rpm.
- Poleas y correas de accionamiento necesarias.

- Armario eléctrico a ser usado en la partida del motor de 3 fases, 460v, 3 fases; incluye un arrancador suave y un medidor de energía.

2.9 Selección del Sistema de Clasificación

1. Uno de los objetivos principales del proyecto es el mejoramiento de los indicadores de producción del proceso de molienda de cemento y mejoramiento en calidad del producto a despachar a granel de puzolana; gracias al aumento de producción de mínimo el 15% de la capacidad actual de la molienda de cemento, y una reducción del consumo específico en el molino de bolas del mínimo 10% Kwh/t.
2. Preparar los materiales para la alimentación al molino o a su despacho con la finalidad de conseguir una mezcla homogénea de partículas con un tamaño inferior a 6 mm.
3. Luego del proceso de trituración como proceso principal, es fundamental obtener una clasificación del material para distribuir en los procesos de molienda, despacho de producto, recirculación de producto o rechazo. Para este efecto dado las características del proceso anterior de trituración, se ha distribuido un esquema con la siguiente granulometría para este

proceso de clasificación, lo que se detalla a continuación en la Tabla 18:

TABLA 18

Clasificación de materiales en Zaranda, granulometría.

Producto	Granulometría	Proceso
Despacho / Producto final	< 5 mm	Almacenamiento y Despacho
Recirculación	$80 < x < 5 \text{ mm}$	Trituración
Rechazo	> 80mm	Rechazo

4. El corte granulométrico es definido por el tamaño de partículas definido por la capacidad de admisión de la Trituradora de Impacto y el tamaño de partícula necesario para la producción de cemento con su materia prima puzolana acorde el diseño de moltura de bolas entregada por Magotteaux (fig. 2.65).



FIGURA 2.65 Criba vibratorio con repartidor vibrante

5. Con los datos anteriormente descritos, se procede a pedir el equipo con su corte de mallas respectivas. Sin embargo, es importante realizar el cálculo de la capacidad del equipo de clasificación, la cual es definido por la capacidad del elevador de cangilones más la capacidad de recirculación de la trituradora. El factor de trituración con este material, dado los análisis realizados por el fabricante del Equipo corresponde a una relación de 50%, es decir, el 50% del material ingresado llega a triturarse al tamaño de partícula del producto final (< 5 mm), lo restante por el proceso de clasificación retornará al sistema para ser nuevamente triturado, figura 2.65

6. El equipo seleccionado presenta las siguientes características:

Material: Puzolana (0-80 mm)

Caudal: 35 Ton/h

Humedad: Seco

T producto: Máximo 120°C

Densidad: 850 Kg/m³

Productos deseados: 0-5 mm

> 5mm

7. Granulometría proceso: Luz malla Retenido

acumulado 25,4 mm 5%

13,2 mm	22%
8 mm	40%
4,8 mm	53%
2,4 mm	70%
1,2 mm	82%

2.10 Selección de los Componentes Mecánicos en Función de los Datos Obtenidos.

Los equipos restantes dadas las capacidades de equipos descritos, con las condiciones de diseño en referencia a la normativa del Design Criteria de Holcim 12 A y 12 B para el Diseño e Ingeniería de procesos de producción de Cemento, se han analizado los planos y elaboración de esquemas de proceso y operación, dando con ello esquemas de equipos que dado sus características principales se determinan los elementos restantes de fabricación dado por el fabricante al cual se seleccionará cada los equipos de mayor aplicación como el Elevador de Cangilones y el Filtro desempolvado del Secador.

- Elevador de Cangilones

o Características principales:

Distancia centro-centro: 27 metros

Capacidad: 320 ton/h

Material a transportar: Puzolana

Con la información proporcionada se define la alternativa propuesta por el fabricante Aumund, que determina un Elevador de Cangilones de Cadena, dado la particularidad que el Elevador recibirá su producto posterior a un proceso de secado con un producto con temperatura superior a 100°C, por lo que la aplicación de un sistema de banda no es recomendable.

Se detallan las características del equipo a suministrar, en la Tabla 19:

TABLA 19

Data Sheet Elevador de Cangilones

Technical Specification for Chain Bucket Elevator			
<i>Appendix to our Quotation P-11.002224-6 - Item 1.0</i>			
1. Geometry			
1.1	Conveyor Type	:	BW-Z 560 / 320
1.2	Center Distance	[mm]:	27000
2. Material			
2.1	Designation	:	Several
2.2	Particle Size	[mm]:	50
2.3	Temperature	[°C]:	50
2.4	Molsture	[%]:	5
2.5	Bulk Density (Volumetric Design)	[t/m ³]:	1.00
2.6	Bulk Density (Drive Set Design)	[t/m ³]:	1.30
3. Elevator			
3.1	Bucket Width	[mm]:	560
3.2	Bucket Protrusion	[mm]:	320
3.3	Bucket Thickness	[mm]:	4
3.4	Bucket Wear Lips	:	One Sided Lips
3.5	Bucket Volume	[dm ³]:	26.25
3.6	Bucket Spacing	[mm]:	355.6
3.7	Chain Type	:	AU04.2
3.8	Chain Pitch	[mm]:	177.80
3.9	Chain Breaking Load	[kN]:	800
3.10	Chain Lubricated	:	No
3.11	Casing Type	:	Double Casing
3.12	Casing Thickness	[mm]:	4
3.13	Casing Inside Depth	[mm]:	1900
3.14	Casing Inside Width	[mm]:	900
3.15	Drive Drum Diameter	[mm]:	790
3.16	Take-Up Pulley Diameter	[mm]:	790
3.17	Dedusting Volume Elevator Head	:	ca. 21 m ³ /min
3.18	Dedusting Volume Elevator Boot	:	---
3.19	Holst Load	[kN]:	15
4. Operation			
4.1	Conveying Capacity	[t/h]:	Nominal 320
4.2	Conveying Quantity	[m ³ /h]:	Maximum 320.00
4.3	Velocity	[m/s]:	1.539
4.4	Filling Rate	[%]:	78.24
4.5	Chain Safety against Static Load	:	15.18 @ 78.24
4.6	Required Power at Drive Shaft	[kW]:	29.63
5. Drive Set			
5.1	Designed for Filling Rate / Conveying Capacity	[%] / [t/h]:	100.00/532
5.2	Required Power for Drive Set	[kW]:	48.13
5.3	Frequency	[Hz]:	60
5.4	Motor Power Rating	[kW]:	63.00
5.5	Motor Speed	[rpm]:	1784
5.6	Gear Box Type	:	Bevel Helical
5.7	Gear Box Ratio	:	50
5.8	Gear Box Power Rating	[kW]:	81.00
5.9	Back Stop Incorporated	:	Yes
5.10	Inching Drive for maintenance purposes	:	Empty Buckets
5.11	Inching Drive Power Rating	[kW]:	2.60
5.12	Inching Drive Speed	[m/s]:	---
5.13	Coupling between Gear Box and Drive Shaft	:	Hollow-Shaft
5.14	Coupling between Motor and Gear Box	:	Hydraulic

- Filtro Desempolvado del Secador

o Características principales:

Capacidad desempolvamiento: 21.200 Nm³/h

Locación:	Azogues (2.800 m.s.n.m.)
Capacidad en sitio:	52.000 m ³ /h
Material a desempolvar:	Puzolana (0,85 Kg/m ³)
Humedad salida material:	4%
Tamaño de grano:	0-30 mm
Capacidad del secador:	30 tph

Con la información proporcionada se define la alternativa propuesta por el fabricante Scheuch, con amplia experiencia en la industria cementera como proveedor principal de Filtro de Desempolvados. Scheuch realiza su propuesta con un filtro de mangas impulse filter, que combina una adecuada distribución de aire en su cámara para desempolvar añadido de una válvula de alivio para controlar y regular la temperatura de gases que vienen del sistema de combustión para el Secador de puzolana, así asegurar daños en sus mangas y aumentar la vida útil del equipo.

Se detallan las características propuestas del equipo, en la Tabla 20, 21 y 22:

TABLA 20

Características filtro de desempolvado Scheuch⁸²

1 pcs Scheuch impulsefilter	
Impulse Filter with fully automatic „on-line“-cleaning of all filter bags with compressed air pulses	
Type: <i>sfdw 05/12-5-04</i>	
Configuration: single-row	
Gas flow	52.000 m ³ /h
Gas temperature	140 °C
Type of dust	puzzolane
Dust concentration	50 g/m ³
Number of units	4 pcs.
240 filter bags d=165 mm, length	5000 mm
Bag material (max. 190°C cont.)	pps550
Filter area	620 m ²
Air-to-cloth ratio	84 m ³ /m ² /h
Casing material	1.0038
Max. neg. pressure	5000 Pa
Max. temperature	200 °C
20 diaphragm valves	6/4 "

TABLA 21

Características del Ventilador Radial del Filtro Scheuch⁸²

1 pcs SCHEUCH Radial Fan	
Radial Fan in industrial duty design, fan wheel with backwardly curved blades	
Type: <i>vmb56 0710-hb14</i>	
Drive type: direct	
Medium	clean gas
Volumetric flow	54.000 m ³ /h
Temperature	140 °C
Density at standard conditions	1,293 kg/m ³
Total pressure increase	3.526 Pa
Pressure increase	3.115 Pa
Negative pressure at inlet	3.000 Pa
Density at inlet	0,581 kg/m ³
Elevation (tolerances acc. DIN 24166)	2.800 m above sea level
Fan speed	1.770 rpm
Temperature rating (mechanical)	max. 150 °C
Impeller mass	216 kg
Impeller inertia	39,16 kgm ²
Shaft power consumption at operating condition	61,5 kW
Motor power	90 kW
Casing material	1.0038(S235JRG2)
Impeller material	1.0038(S235JRG2)

Tabla 22

Características del sistema desempolvado para Secador⁶⁸.

1 pcs Dedusting plant for dryer - 52.000 Am³/h	
Material:	Puzzolane
Bulk density:	0,85 t/m ³
Elevation:	2800 m above sea level
Wind-speed max.	110 km/h
Seismic requirements:	CPE INEN 5 Ec. Code, Zone II, Soil Type: S1, Seismic Importance Factor 1.0,
Climatic conditions:	0 - 35 °C
Dryer capacity:	30 t/h
Water evaporation:	3880kg/h
Exhaust air temp.:	130 - 150 °C
Theoretic. Acid dew point:	120°C
Water dew point:	65°C
Exhaust air volume:	21.200 Nm ³ /h (standard conditions)
Exhaust air volume:	52.000 Am ³ /h (at + 2800 m)
Electric power supply:	480 V / 60 Hz

⁶⁸ FUENTE: Scheuch, fabricante austriaco de plantas de desempolvado y sistema de tratamiento de aire. Catálogo de equipos.

CAPÍTULO 3

3. MONTAJE DE LA PLANTA⁶⁹.

3.1 Cronograma de la Construcción y Montaje de la Obra.

En el proceso de construcción y montaje de la Planta de Secado y Molienda de puzolana se contó con un equipo técnico profesional conformado por el siguiente personal:

- Gerente de Proyecto (1)
- Residente Obra mecánico (1)
- Residente Obra eléctrico (1)
- Residente Obra Civil (1)
- Supervisor de Seguridad Industrial (2)
- Maestros civiles (4)
- Ferreros (2)
- Albañiles (3)

⁶⁹ Fuente: Autor.

- Oficiales (8)
- Supervisor de Montaje mecánico (2)
- Montador (10)
- Soldador calificado (10)
- Ayudante de soldadura (12)
- Mecánico de primera (3)
- Ayudante mecánico (3)
- Supervisor eléctrico (2)
- Electricista (4)
- Ayudante de montaje eléctrico (8)
- Instrumentista (2)
- Programador (2)
- Bodeguero (2)
- Guardianía (2)

A continuación se anexa y presenta el cronograma de montaje y construcción del Proyecto para el Desarrollo del Proyecto de Secado y Molienda de puzolana (Figura 3.1; 3.2).

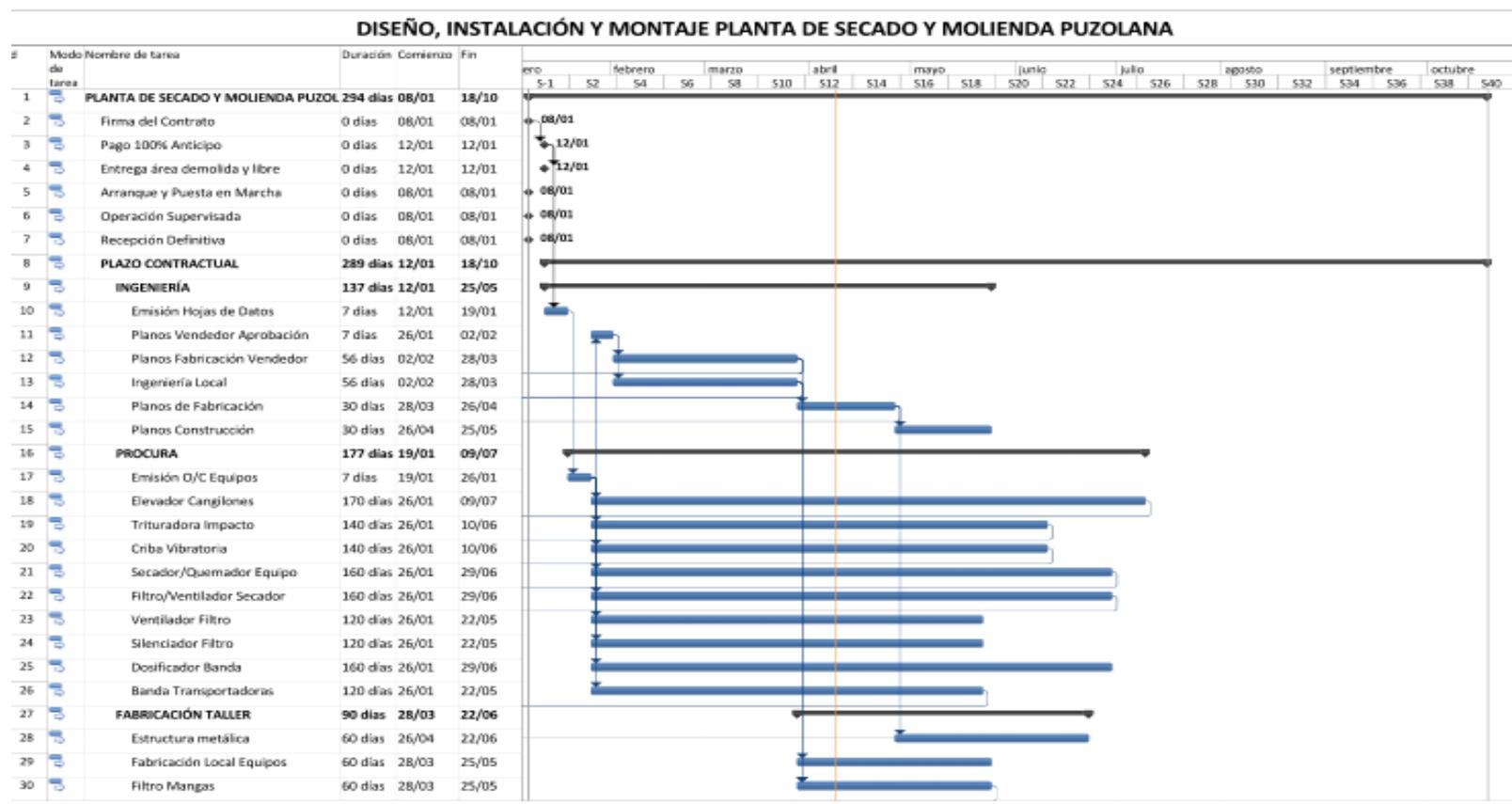


Figura 3.1 Cronograma de ejecución del Proyecto.

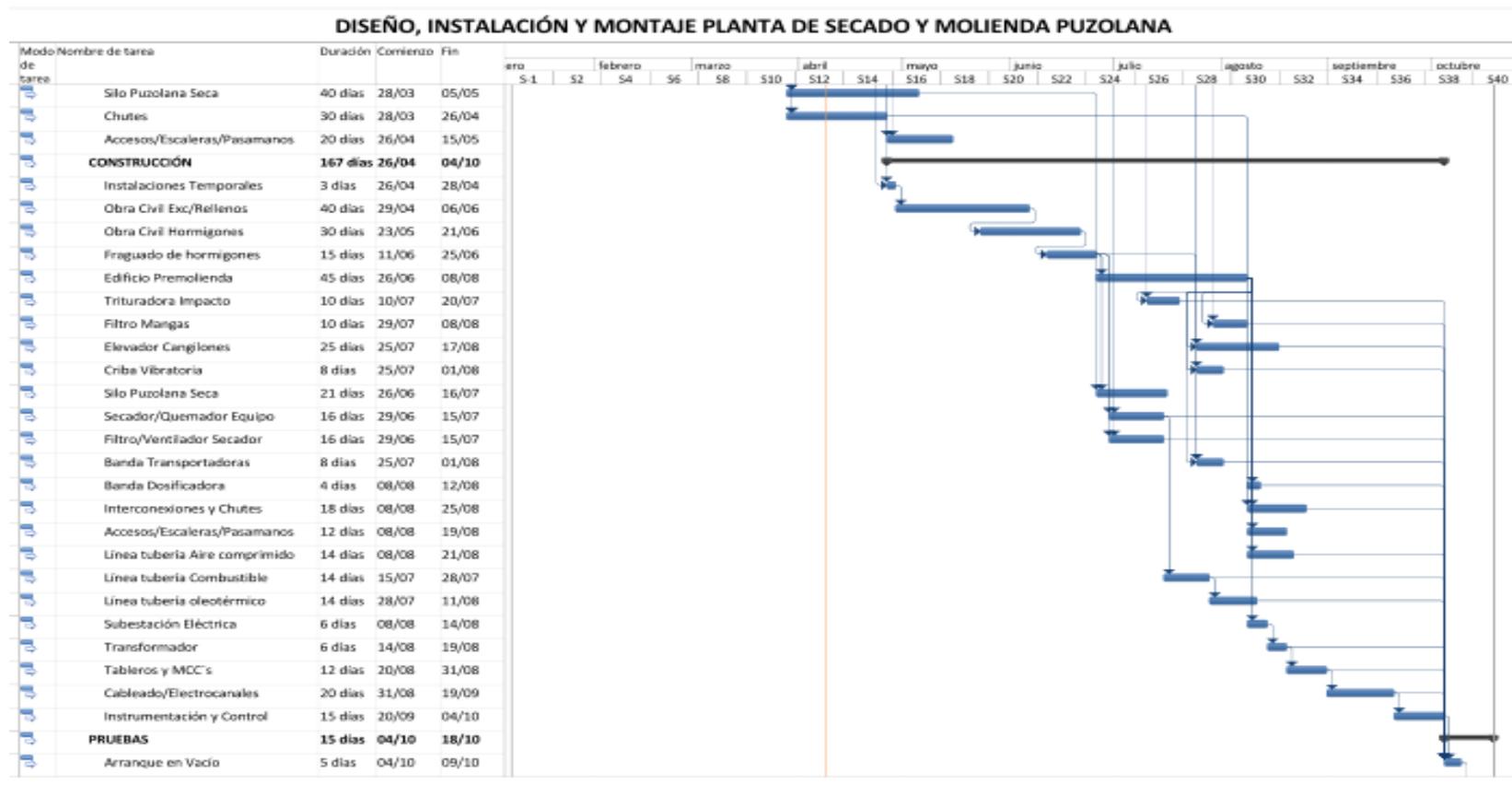


Figura 3.2 Cronograma de ejecución del Proyecto.

3.2 Materiales y Equipos Utilizados⁷⁰.

La lista de equipos y materiales empleados en la construcción de la planta es la siguiente, presentada en la Tabla 23:

TABLA 23

Listado de equipos y herramientas para construcción

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Tracto camión capacidad 30 Ton	1 unidad
2	Grúa telescópica Liebherr 70 Ton	1 unidad
3	Grúa telescópica Grove 45 Ton	1 unidad
4	Camión grúa 8 Ton Demag	1 unidad
5	Camión Hino 5 Ton	1 unidad
6	Contenedor Oficina 20 pies	1 unidad
7	Contenedor Bodega 20 pies	1 unidad
8	Botella de Oxígeno 10 m3	100 unidades
9	Botella de Acetileno 6 Kg	40 unidades
10	Botella de Argón 6 Kg	10 unidades
11	Botella de GLP 55 Galones	10 unidades
12	Máquinas de Soldar Lincoln 350 Amp	12 unidades
13	Máquinas de Soldar Miller 270 Amp	12 unidades
14	Equipos corte oxiacetilénico Víctor	12 unidades
15	Esmeril angular DeWalt 7''	8 unidades
16	Esmeril angular DeWalt 4 ½''	8 unidades
17	Pintura Epóxica Sigma Color gris	20 canecas
18	Tecles 5 Ton	1 unidades
19	Tecles 3 Ton	6 unidades
20	Estrobos 10 Ton	2 unidades
21	Estrobos 5 Ton	6 unidades
22	Grilletes 12,5 Ton	4 unidades
23	Grilletes 5 Ton	20 unidades
24	Taladro de percusion	2 unidades
25	Rotomartillo Hilti	1 unidad
26	Andamios WACO Tipo H	30 unidades
27	Crucetas para andamios WACO	60 unidades
28	Plataforma con escalerilla WERNER	30 unidades
29	Caja herramientas de mecánico	6 unid
30	Taladro magnético MILWAUKEE	2 unid
31	Cabos (varias dimensiones)	20 unid
32	Equipos de protección personal	60 unid
33	Arneses de seguridad	45 unid
34	Línea de vida / Anclaje móvil	25 unid
35	Extintor PQS 20 Lbs	50 unid

⁷⁰ Fuente: Autor.

3.3 Breve Descripción de los Trabajos a Realizados.

Trabajos Preliminares (Movimiento tierras y Relleno)

Comprende todos los trabajos de demolición, movimientos de tierras y rellenos realizados para dar inicio a los trabajos de obra civil de las cimentaciones para el soporte de equipos y edificios donde se implantará todo el Proyecto de Secado y Trituración de puzolana.

Se encontró un nivel freático a una cota de -1,80 m, resultando que se debe realizar un relleno con piedra mayor a 4'' para realizar un dren natural y así evitar empozamiento de agua y posterior colocar un geotextil para dar inicio a los trabajos de obra civil de relleno y compactación del terreno (figura 3.3, 3.4, 3.5, 3.6).



FIGURA 3.3.- ESTADO INICIAL DEL PROYECTO



FIGURA 3.4.- DEMOLICIÓN DE CIMENTACIÓN EXISTENTES



FIGURA 3.5. EXCAVACIÓN COMPLETA DEL TERRENO, HASTA COTA DE DESPLANTE.



FIGURA 3.6. RELLENO CON MATERIAL PÉTREO > 4''

Montaje en Obra⁷¹

Acorde al diseño de implantación del Proyecto, se comenzaron los trabajos de obras civiles, emplazando todas las estructuras metálicas que corresponde al proyecto, así como el montaje de las maquinarias importadas y construidas localmente. Se realizan las interconexiones entre los equipos, (figura 3.7 – figura 3.24).



FIGURA 3.7 MONTAJE DE ESTRUCTURA METÁLICA EDIFICIO TRITURACIÓN.

⁷¹ FUENTE: Autor.



FIGURA 3.8. MONTAJE DE ESTRUCTURA METÁLICA EDIFICIO TRITURACIÓN.



FIGURA 3.9. ARMADO DE FILTRO DESEMPOLVADO DEL SECADOR



FIGURA 3.10. MONTAJE DE MANGAS Y CANASTILLAS DE FILTRO DEL SECADOR.



FIGURA 3.11. FILTRO DESEMPOLVADO SECADOR PUZOLANA SCHEUCH



FIGURA 3.12. ESQUEMA SECADOR-FILTRO PUZOLANA MONTAJE



FIGURA. 3.13 IZAJE DEL SECADOR PUZOLANA 35 TPH



FIGURA. 3.14 MONTAJE DE RESGUARDO INFERIORES DE SECADOR PUZOLANA



FIGURA. 3.15 MONTAJE DE TAMBOR DEL SECADOR DE PUZOLANA



FIGURA. 3.16. MONTAJE DE SECADOR DE PUZOLANA



FIGURA. 3.17. SECADOR DE PUZOLANA – CONEXIÓN FILTRO SECADOR



FIGURA. 3.18. TRITURADORA DE IMPACTO MAG IMPACT



FIGURA. 3.19 MONTAJE DE TRITURADORA EN EDIFICIO, CON SISTEMA MOTRIZ LATERAL.



**FIGURA 3.20 MONTAJE DE ANILLO SOPORTE FIJACIÓN
SILO PUZOLANA SECA.**



**FIGURA 3.21. IZAJE DE CONO Y ANILLO SOPORTE DE
SILO PUZOLANA SECA.**



FIGURA. 3.22. MONTAJE SILO PUZOLANA SECA



**FIGURA 3.23 MONTAJE DE ELEVADOR PUZOLANA –
ALINEACIÓN DE CUERPOS**

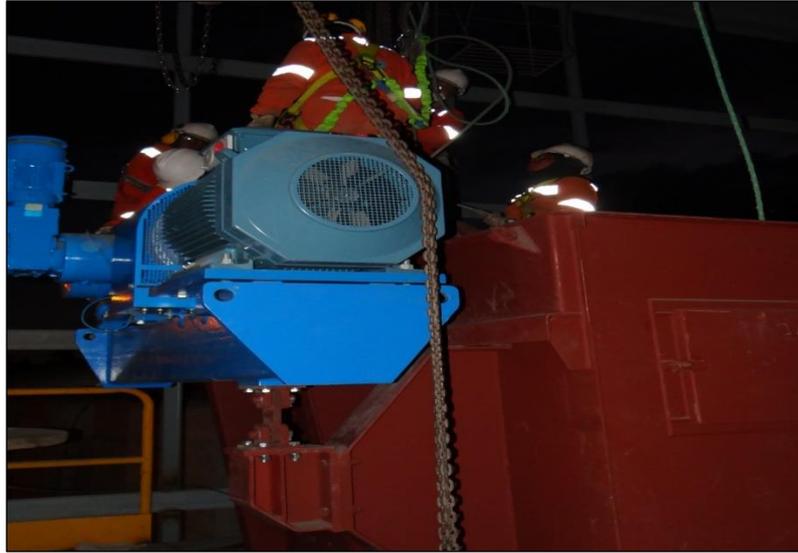


FIGURA 3.24 MONTAJE DE SISTEMA MOTRIZ ELEVADOR DE CANGILONES DE CADENA.

3.4 Lecciones Aprendidas en el Montaje

Las lecciones aprendidas son una forma de lograr organizar una información para ser aprovechada en eventos que se enfrentarán en un mañana. Las experiencias vividas en el pasado pueden ser un aporte fundamental para la vida siempre y cuando se tenga una enseñanza que pueda ser aplicada en el futuro y así afrontar situaciones similares con una mejor preparación, mejores herramientas y elementos de juicio; para lograr este propósito es necesario disponer de la información inherente a esas situaciones para que se transmita a todos aquellos que puedan tener algún interés en llevar a cabo acciones similares de la manera más eficiente y óptima posible.

En términos muy sencillos la lección aprendida es la enseñanza que se adquiere o se genera por una experiencia vivida; puede ser un proceso que se desarrolla y genera resultados de manera formal o informal.

No solo se trata de evitar repetir los mismos errores sino de revisar los hechos, las causas que lo generaron, las consecuencias que lo produjeron y principalmente establecer los mecanismos para lograr capitalizar este conocimiento en beneficio de todas las enseñanzas que aportaron.

Los siguientes son aspectos importantes a tener en cuenta:

- Tener en cuenta el área para la cual se desea implementar esta información.
- Determinar el objetivo principal por el cual se va a crear.
- Determinar la razón del por qué ocurrió?
- Determinar cuál es la lección aprendida del acontecimiento?

La empresa Constructora tiene una estructura organizacional basada en el enfoque por procesos (Figura 3.25); por lo que de manera que permita agregar valor a su administración ha presentado se presentan sus Lecciones aprendidas por procesos.

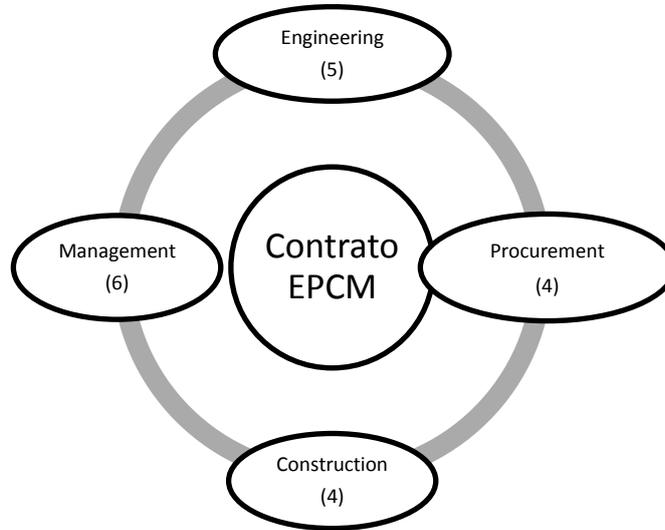


FIGURA 3.25 Estructura de proceso organizacional

Dado la clasificación expuestas por proceso, se establece un análisis por cada proceso detallando los siguientes puntos:

- **¿Qué ocurrió?**
- **¿Por qué ocurrió?**
- **¿Cuál es la lección aprendida?**
- **Decisión tomada.**

Para una mejor comprensión del análisis expuesto se realizará una breve reseña cronológica del Proyecto; y posteriormente un resumen de las cosas que salieron bien y mal. (Figura 3.26; 3.27; 3.28)

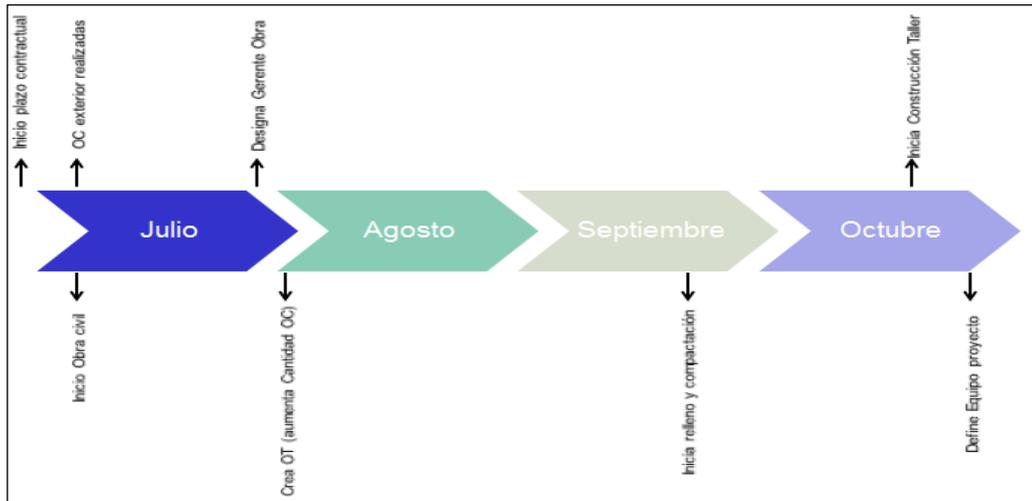


Figura 3.26 Cronología del Proyecto (Jul-Oct)

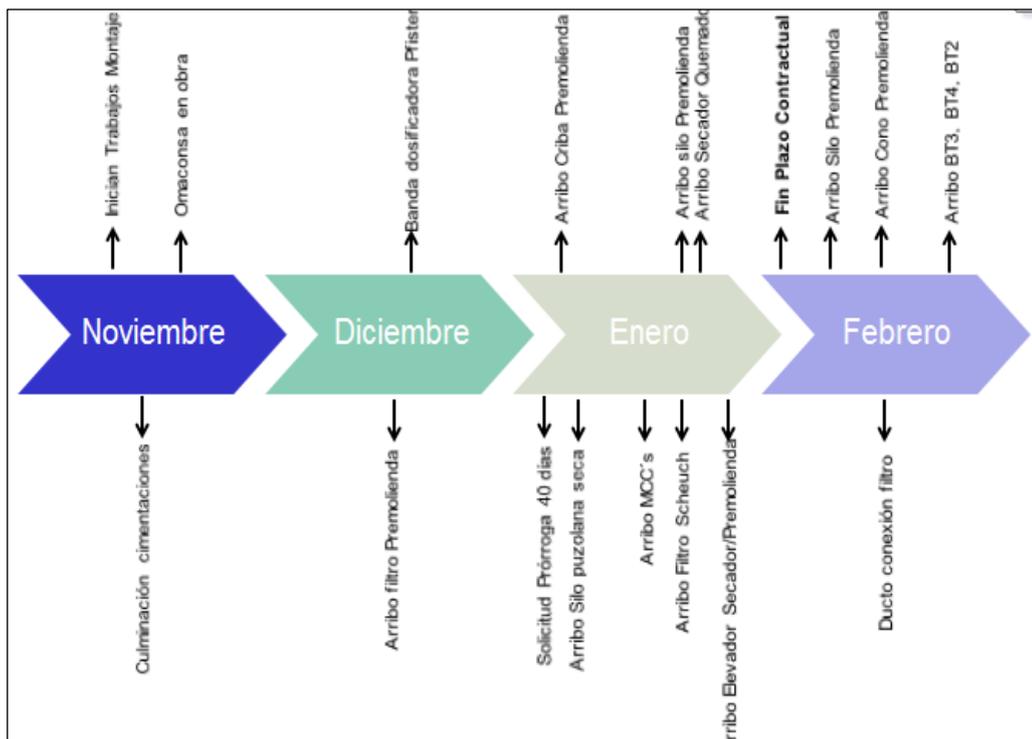


Figura 3.26 Cronología del Proyecto (Jul-Oct)

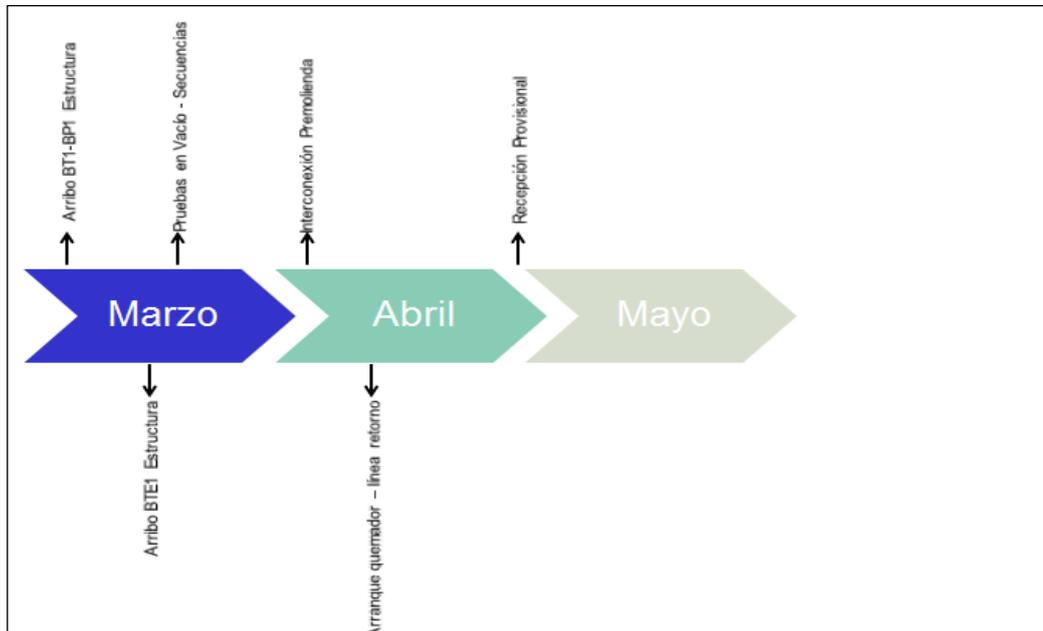


Figura 3.28 Cronología del Proyecto (Mar-May)

Se analiza brevemente el enfoque positivo y negativo que generó el desarrollo del Proyecto:

¿QUÉ SALIÓ BIEN?

- ✓ Cero accidentes que impliquen pérdida por días laborales.
- ✓ Desarrollo del proyecto generó utilidad.
- ✓ Liquidez y flujo de efectivo permanente en el Proyecto.
- ✓ Condiciones contractuales favorables (forma de pago, entrega recepción provisional y definitiva)
- ✓ Equipo de fiscalización no era muy exigente (revisión planillas).

- ✓ Se contó con personal propio con ardua experiencia en campo.
- ✓ Se contó con disponibilidad y facilidades de maquinaria del Cliente (grúa, telehandler, retroexcavadora, otros).
- ✓ Despliegue de técnicos demostraron conocimiento de equipos y funcionamiento de proceso.
- ✓ Se contó con maquinaria propia para los trabajos de montaje.
- ✓ Contratación parte eléctrica cumplió expectativas de cumplimiento, alcance y compromiso.
- ✓ Condiciones climáticas favorables.
- ✓ Se cumplió con la necesidad del proyecto, obtener humedad menor al 4% y granulometría inferior a 5 mm en alimentación al molino.
- ✓ Mejoras en contrato de sub contratistas, se aplican cláusulas similares a contrato principal de Constructora.

¿QUÉ SALIÓ MAL?

- Arribo tardío de equipos de importación (Elevador Aumund, Filtro Scheuch, Secador AllGaier).
- Contratista de obra Civil no tenía administración propia para llevar el proyecto.

- Cronograma elaborado en la oferta no contemplaba holguras, ni tiempo de imprevistos.
- Se generaron muchos errores de ingeniería.
- Personal de la zona fue escaso, personal no calificado.
- Cobro de multas por retraso e incumplimiento de características contractuales.
- Errores de Ingeniería.
- Escaso recurso humano entregado al Proyecto, tanto para montaje como fabricación.
- Tardío tiempo de entrega de producción, mala planificación.
- Personal técnico de producción y calidad carece de conocimiento de equipos mecánicos y principios de funcionamiento.
- Personal técnico, administrativo y de seguridad que se retiraron de la obra nunca fueron reemplazados.
- Falta de procedimientos establecidos para desarrollar un proyecto.
- Limitación de espacio físico en oficinas de obra.
- Entrega de planos tardía.
- Ingenierías incompletas.
- Falta de comprensión de ingeniería conceptual del proyecto.

- Excesiva cantidad de trabajo reparado en sitio. (5% del peso total).
- Alta rotación de personal.
- Falta de auditoría de costos del proyecto, e informes de situación actual financiera del proyecto.
- Despachos innecesarios, mala coordinación de logística.
- No se realizó un análisis de riesgo del proyecto.

Es necesario mencionar que mientras que el desarrollo de un documento formal de lecciones aprendidas se completa durante el proceso de cierre del proyecto, el registro de las lecciones aprendidas debe ocurrir durante todo el ciclo de vida del proyecto. Durante porque de esa manera se asegura una documentación correcta de las mismas, y no se pierda información clave. Al cierre del proyecto porque se puede hacer una revisión general de las lecciones y obtener valiosas conclusiones sobre la planeación, los resultados obtenidos y el desempeño del equipo a lo largo del proyecto.

Otro aspecto a resaltar es que las lecciones aprendidas de los proyectos deben y pueden ser utilizadas durante todo el ciclo de vida de un nuevo proyecto, tanto al inicio, durante la realización, así como al final del proyecto mismo.

Algunas de las recomendaciones a la hora de discutir y analizar las lecciones aprendidas del proyecto son:

- Ser positivo
- No culpar a nadie de los fracasos
- Centrarse en los éxitos así como en los fracasos
- Indicar cuáles estrategias contribuyeron al éxito
- Indicar qué estrategias de mejora tendrían los mejores impactos

Otra consideración es que una vez que las lecciones aprendidas sean colectadas y documentadas, la organización apruebe e implemente cualquier tipo de mejora a los procesos identificados. Es relevante para las organizaciones esforzarse por la mejora continua y hacer que este proceso sea un paso integral de ella misma.

Por último, este documento debe ser comunicado al financiador del proyecto y a la oficina de gestión de proyectos para incluirlos en los activos de la organización y archivarlo como parte de la base de datos de lecciones aprendidas. Si la organización no tiene una oficina de gestión de proyectos para ello, los medios formales de comunicación deben ser utilizados para asegurar que todos los directores de proyectos cuenten con esta información.

Se deja constancia dentro de la organización, el resultado de estas lecciones aprendidas para que sean implementadas acciones correctivas y/o preventivas sobre ellas por cada uno de los procesos, tal como se enlista a continuación, presentadas en la figura 3.29 a la figura 3.46:

PROCESO: INGENIERÍA (ENGINEERING)

Lección Aprendida: **OMISIÓN DE INGENIERÍA DETALLE**

¿Qué ocurrió?	<ul style="list-style-type: none"> • Se omitieron planos de construcción y detalles constructivos de elementos del proyecto. • No se revisó en sitio el concepto de revisión en sitio de ingeniería y actualización de información. • Ejemplos: Estructura soporte Banda Dosificadora Pfister, Chute descarga TR1, Accesos a Plataformas BD1, Puente conexión entre edificios, Banda BTE1, Transiciones entre válvula guillotina- rotatoria – bridas.
¿Por qué ocurrió?	<ul style="list-style-type: none"> • Falta comunicación entre Encargado Obra – Dpto. Ingeniería. • Seguimiento y cumplimiento en actividades de ingeniería. • Mediciones en sitio. Confirmación de medidas.
¿Cuál es la lección aprendida?	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar un check list de elementos por incorporar; conocer el alcance del proyecto. • En etapa de diseño, se debe analizar los principios de mtto y accesos a los equipos. • Realizar actualizaciones de ingeniería, mediciones en sitio con elementos instalados.
Decisión tomada	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar construcciones en obra, sin planos de construcción. • Emplear estructura existente para modificaciones de plataformas.

Figura 3.29 Lección aprendida ingeniería (1)

Lección Aprendida: **TIEMPO DE ENTREGA TARDÍA DE INGENIERÍA**

¿Qué ocurrió?	<ul style="list-style-type: none"> • Planos de fabricación de estructuras, soportes, y chutes de conexiones para fabricación fueron entregados tarde a producción para su construcción. • Se generó un retraso en el tiempo de entrega del proyecto, producto terminado llega fuera de cronograma.
¿Por qué ocurrió?	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de recursos de personal de diseño para elaboración de planos de construcción. • Mala organización, identificación de prioridades y resolución de problemas a tiempo. • Falta seguimiento Gerente de Obra, y revisión de entregables según programación.
¿Cuál es la lección aprendida?	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar un check list con fechas de entrega y dar cumplimiento al mismo. • Asignar recursos de personal acorde a carga de trabajo, reprogramar actividades en el desarrollo del proyecto para cumplir fechas.
Decisión tomada	<ul style="list-style-type: none"> • Implementación de personal contratista en taller para cumplir entregas. • Por requerirse para pruebas, se generan construcciones en obra de algunos elementos. Se realizan modificaciones sobre los mismos.

Figura 3.30 Lección aprendida ingeniería (2)

Lección Aprendida: **CONTROL DE DOCUMENTOS**

¿Qué ocurrió?	<ul style="list-style-type: none"> • Por nacionalización de ingeniería en planos Aumund, se cambió el perfil UPN 140 por UPN 160: según aceros en el mercado nacional, esto generó que disminuir la altura de un cuerpo del elevador. La idea conceptual se revisó con Dpto. ingeniería y Producción, generándose un plano con estos cambios. Sin embargo, el producto final tuvo sobre dimensión por emplearse un plano sin última revisión.
¿Por qué ocurrió?	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de revisión de documentos vigentes en taller y obra. • Falta Seguimiento de acuerdos Dpto. Técnico con taller. • Realizar la entrega de planos por un solo medio, Coordinador de Archivo maestro.
¿Cuál es la lección aprendida?	<ul style="list-style-type: none"> • Dar seguimiento de acuerdos del dpto. técnico con taller. • Realizar auditorías y control de los documentos en proceso de construcción.
Decisión tomada	<ul style="list-style-type: none"> • Se procedió a devolver el último cuerpo del elevador de obra a taller, cortar la brida en un extremo, recortar el cuerpo y enviar a obra para su posterior montaje.

Figura 3.31 Lección aprendida ingeniería (3)

Lección Aprendida: **REVISIÓN DE DISEÑOS**

¿Qué ocurrió?	<ul style="list-style-type: none"> • Escaleras dentro del piso no cumplen con límite de acceso de personal. • Selección de materiales y espesores para ductos de desempolvados y chutes no son los recomendables, presentan desgaste prematuro por abrasividad del material. • Se presentan errores de inclinación, dimensiones y forma en los chutes de interconexiones entre los equipos. Ej: Chute elevador EC1, Chute TR1, ductos desempolvado, transiciones en ductos desempolvados.
¿Por qué ocurrió?	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de revisión por Responsable de obra y/o Encargado de Dpto. Diseño. • Planos de construcción se entrega tardío, sin aprobaciones, directamente a Producción. • Disminución de costos en calidad de materiales.
¿Cuál es la lección aprendida?	<ul style="list-style-type: none"> • Revisar por normas y proyectos anteriores similares condiciones y aspectos de diseños relevantes para la selección de materiales y características. • Organizar recursos y entregables para respetar etapa de revisión y aprobación de planos.
Decisión tomada	<ul style="list-style-type: none"> • Modificaciones de forma, inclinación y dimensiones del producto terminado para cumplir con especificaciones técnicas según normativa. • Realizar recubrimiento exteriores con mortero (camisa) de sacrificio para evitar derrames por perforaciones en ductos.. • Cambio de planchaje por otro materiales.

Figura 3.32 Lección aprendida ingeniería (4)

Lección Aprendida: **COMPRENSIÓN BASES DE CONCURSO**

¿Qué ocurrió?	<ul style="list-style-type: none"> • En pliegos de licitación se detalla como alcance del proyecto el suministro de una Banda Dosificadora, en la oferta económica MM se detalla el suministro de una Banda dosificadora con características de una Banda pesadora. El Cliente solicita se instale un sistema de dosificadora acorde a los pliegos. Dicho cambio genera un descuento en el monto del contrato de \$ 41.455,92.
¿Por qué ocurrió?	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de revisión del alcance del Proyecto. • Mala interpretación de términos y selección de equipos acorde a pliegos de licitación. • Falta de regularizar acuerdos o peticiones con el Cliente en Actas de Reunión.
¿Cuál es la lección aprendida?	<ul style="list-style-type: none"> • Documentar todo acuerdo con el Cliente, y especificar cambios o peticiones realizadas con firma de aprobación. • Realizar reuniones con el equipo del proyecto y Cliente para dar aprobación de órdenes de compra. Documentar reuniones y acuerdos.
Decisión tomada	<ul style="list-style-type: none"> • El sistema de dosificación mediante una Banda pesadora, fue aceptado por el Cliente, sí y solo sí, con el descuento por el monto de \$41.455,92 y que el sistema presente mediciones en un rango de desviación de +/-2%.

Figura 3.33 Lección aprendida ingeniería (5)

PROCESO: PROCURACIÓN (PROCUREMENT)

Lección Aprendida: **CONOCIMIENTO ALCANCE DEL PROYECTO**

¿Qué ocurrió?	<ul style="list-style-type: none"> Las órdenes de compra no fueron emitidas por el responsable del Proyecto, generando cambios de alcance y desconocimiento de las adquisiciones realizadas. Se adquirió elementos de acero no relevantes y acorde al proyecto, tales como plataforma y estructura soporte de trituradora. Se desconocen los alcances y acuerdos con los proveedores.
¿Por qué ocurrió?	<ul style="list-style-type: none"> Designación tardía de Gerente de Obra, y/o incorporación en toma de decisiones y negociación con proveedores. Falta de planos de disposición general de la Planta, al momento de la compra. Mala comunicación y detalle del mismo.
¿Cuál es la lección aprendida?	<ul style="list-style-type: none"> Realizar una matriz de responsabilidad que incluya todas las actividades, suministro (Cliente, Contratista, Proveedores y Subcontratistas). Incorporar al encargado de obra designado desde el inicio en toma de decisiones y acuerdo entre todas las partes.
Decisión tomada	<ul style="list-style-type: none"> Se envió a fabricar a taller, los elementos de fabricación local en un período corto. Guardar en taller elementos no necesarios en obra.

Figura 3.34 Lección aprendida procuración (1)

Lección Aprendida: **SELECCIÓN DE SUBCONTRATISTAS.**

¿Qué ocurrió?	<ul style="list-style-type: none"> Contratista de Obra civil, no cumple con cronograma de ejecución y documentación necesaria por el proyecto. Contratista no emplea mayor número de personal por limitación de recursos. Mala calidad en acabado y soldadura de sub contratistas metálicos.
¿Por qué ocurrió?	<ul style="list-style-type: none"> Falta de evaluación de ofertas de otros proveedores, y de experiencia de contratistas. Falta de seguimiento y aplicación de multas por retrasos al Contratista. Agilizar pagos a proveedores. Falta de visitas a obra constante de seguimiento.
¿Cuál es la lección aprendida?	<ul style="list-style-type: none"> Aplicar en los contratos de proveedores multas y sanciones por no cumplimiento del cronograma y documentación a entregar. Aumentar y tener una cartera de proveedores más extensa y selectiva. Mejorar sistemas de evaluación de proveedores.
Decisión tomada	<ul style="list-style-type: none"> Contratista de obra civil continuo con sus labores, considerando que el aumento de cantidades de obra civil permitía dicho retraso.

Figura 3.35 Lección aprendida procuración (2)

Lección Aprendida: **SEGUIMIENTO Y CONTROL DE PROVEEDORES.**

¿Qué ocurrió?	<ul style="list-style-type: none"> • La fabricante de elevadores Aumund ubicado en Alemania, comunico a un período de 30 días de culminación el plazo contractual, que tiene una demora en la fabricación de los elevadores para los Proyectos de Secado y Premolienda.
¿Por qué ocurrió?	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de seguimiento y solicitud de reportes de avance de obra a fabricantes de maquinarias al exterior. • No se estableció en la OC la frecuencia de reportes de avance de obra.
¿Cuál es la lección aprendida?	<ul style="list-style-type: none"> • Solicitar a los proveedores de maquinarias y locales se entregue cierto período de tiempo informes de progreso de construcción de la maquinaria. • Establecer una normativa o proceso que enfoque esta solicitud.
Decisión tomada	<ul style="list-style-type: none"> • Se solicitó una prórroga a Industrias Guapán por el período de 40 días calendarios con el debido sustento por carta de Aumund, declarando que tiene mucha demanda de producción y sub proveedores fallaron con sus entregas. IG otorgó la prórroga solicitada.

Figura 3.36 Lección aprendida procuración (3)

Lección Aprendida: **CONTROL DE MATERIA PRIMA POR OT.**

¿Qué ocurrió?	<ul style="list-style-type: none"> • Durante la ejecución del proyecto, de forma simultánea se desarrollo el proyecto de Chimborazo, como planificación para la producción del proyecto se entregaba el listado de materiales desglosado e identificado por cada equipo a construir. Sin embargo, este listado de material y compra era limitado al stock actual en el taller en referencia a otros proyectos. En varias ocasiones cierto material era requerido para varios proyectos y uno de ellos debía esperar a su nueva compra y tiempo de entrega.
¿Por qué ocurrió?	<ul style="list-style-type: none"> • Factor de confiabilidad de un desglose de materiales es alrededor de 75%. • No existe control en producción y suministros de los productos tomados y requeridos por cada proyecto en función del tiempo. • Asegurar la liquidez y flujo de efectivo. • Actualizaciones de ingeniería a última hora.
¿Cuál es la lección aprendida?	<ul style="list-style-type: none"> • Coordinar las OC y materias primas en los proyectos acorde solicitudes. Identificar materiales por cada uno de los rubros o ítems del proyecto.
Decisión tomada	<ul style="list-style-type: none"> • Emplear el material disponible en taller, en caso de faltar, solicitar orden de compra y regularizar, generando retrasos en la producción y entrega del proyecto.

Figura 3.37 Lección aprendida procuración (4)

PROCESO: CONSTRUCCIÓN (CONSTRUCTION)

Lección Aprendida: **PRODUCTO TERMINADO INCOMPLETOS.**

¿Qué ocurrió?	<ul style="list-style-type: none"> • Durante el desarrollo del contrato, se realizaron envíos de partes y piezas de los equipos a fabricar incompletos, considero como tal que es producto terminado y que dicho trabajo puede realizarse en obra con normalidad. Generando retrasos en fabricación y montaje.
¿Por qué ocurrió?	<ul style="list-style-type: none"> • Apuro por realizar envíos de productos. • Desconocimiento de partes y piezas del equipo, y/o proceso de instalación del mismo. • Falta de control de producción y calidad. Etapa de liberación de producto terminado. • Rotación de personal, departamentos sin personal para control.
¿Cuál es la lección aprendida?	<ul style="list-style-type: none"> • Consultar con encargado de obra o dpto. de diseño, procesos de construcción y montaje. • Entregar producto terminado tarde pero bien construido. • Se recomienda realizar plan de liberación de calidad por cada equipo.
Decisión tomada	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar las construcciones en obra, generando fuertes críticas por fiscalización por el proceso de limpieza y pintura.

Figura 3.38 Lección aprendida construcción (1)

Lección Aprendida: **MEJORAR MARCACIÓN DE ELEMENTOS.**

¿Qué ocurrió?	<ul style="list-style-type: none"> • Se envió elementos a obra con marcaciones de pieza equivocados. Generando retraso en montaje por falta de piezas correctas para instalar.
¿Por qué ocurrió?	<ul style="list-style-type: none"> • No cumplimiento al plan de marcación y envío de las piezas. • Efecto Navarro.
¿Cuál es la lección aprendida?	<ul style="list-style-type: none"> • Elaborar un plan de marcación de producto acorde necesidad de montaje, y entendimiento tanto de taller como en obra y cumplirlo a cabalidad. • Designar una persona encargada de esta labor, y se reporte los elementos enviados.
Decisión tomada	<ul style="list-style-type: none"> • Rebuscar piezas y elementos por características longitud, ubicación de cartelas y otros para instalar, sin importar marcaciones. • Emplear otros elementos para instalar por falta de aquellos, que limitan el avance de la obra como vigas principales.

Figura 3.39 Lección aprendida construcción (2)

Lección Aprendida: **ENTREGA TARDÍA DE PRODUCTO TERMINADO.**

¿Qué ocurrió?	<ul style="list-style-type: none"> • Producto terminado son entregados en obra fuera de tiempo, generando retrasos e inconvenientes por secuencia de montaje. Por citar ejemplos, silo y cono de Premolienda, tolva de puzolana seca, fabricación local de elevadores y filtro Scheuch, estructuras de bandas transportadoras, chutes.
¿Por qué ocurrió?	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de material para fabricación de productos. • Poco recurso de mano de obra destinado en taller. • Entrega tardía de planos. • Falta de cumplimiento, comunicación y control del Cronograma de Trabajo.
¿Cuál es la lección aprendida?	<ul style="list-style-type: none"> • Dar seguimiento de acuerdos del dpto. técnico con taller. • Realizar auditorías y control de los documentos en proceso de construcción.
Decisión tomada	<ul style="list-style-type: none"> • Se inicio trabajo a 24 horas las últimas tres semanas del proyecto, tanto en obra como en taller.. • Aumentar jornada laboral en obra de 14 horas diarias.

Figura 3.40 Lección aprendida construcción (3)

Lección Aprendida: **PERSONAL NO AFILIADO.**

¿Qué ocurrió?	<ul style="list-style-type: none"> • Se realizaron varias peticiones de personal calificado para los trabajos de montaje, como armadores, por la Gerencia de la Obra, sin embargo, estos nunca llegaron. Se procedió por decisión de la Gerencia de Obra a contratar personal con contratistas por día, sin embargo, el subcontratista se retiró y se mantuvo a este personal cancelándole por un jornal diario. Estas personas no contaban con afiliación alguna. Caso: Toapanta's.
¿Por qué ocurrió?	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de personal calificado en obra. • Contratación a tiempo de personal según solicitudes realizadas. • Desesperación y obligación de cumplimiento de fechas de obra. • Personal contratado se encuentra en lista negra.
¿Cuál es la lección aprendida?	<ul style="list-style-type: none"> • Comunicación con la alta directiva de MM para contrataciones, y destinación de recurso humano calificado en obra.
Decisión tomada	<ul style="list-style-type: none"> • Laborar con personal no afiliado durante el período de 2 meses y medio en obra.

Figura 3.41 Lección aprendida construcción (4)

PROCESO: ADMINISTRACIÓN (MANAGEMENT)

Lección Aprendida: REVISIÓN OFERTA TÉCNICO-ECONÓMICA.

¿Qué ocurrió?	<ul style="list-style-type: none"> En la oferta adjudicada se presentaron incongruencias en características de los equipos y proceso de fabricación, se detallan en formularios # 7 y # 17 distintos procesos de limpieza y acabado superficial aplicados para elementos en ambiente altamente corrosivos y de alta temperatura. Existe divergencia en características de los equipos entre sí. Nombre de equipos y funcionalidad incorrectos. Cliente quería sancionar por no cumplimiento de lo descrito en oferta.
¿Por qué ocurrió?	<ul style="list-style-type: none"> Emplear para la elaboración de oferta, modelos anteriores y no alterar características. Falta de revisión y aprobación de oferta.
¿Cuál es la lección aprendida?	<ul style="list-style-type: none"> Revisar minuciosamente oferta a entregar, basado en el conocimiento de la ley contratación pública.
Decisión tomada	<ul style="list-style-type: none"> Se acordó con el Cliente omitir este rubro, sin embargo se negoció un valor por liquidación del proyecto de \$70.000,00

Figura 3.42 Lección aprendida administración (1)

Lección Aprendida: CREACIÓN PMO (PROJECT MANAGEMENT OFFICE).

¿Qué ocurrió?	<ul style="list-style-type: none"> El Equipo de integración del proyecto contó con un Gerente de Obra, Residente de obra y Seguridad industrial. Dentro de las labores de revisión y aprobación no se efectuó una buena gestión de comunicación y control por falta de recursos asignados a todas las áreas (Producción, Ingeniería, Administrativo, Compras, Control de Personal). No existió control de avances y seguimiento de actividades, personal se enfocaba en otros proyectos.
¿Por qué ocurrió?	<ul style="list-style-type: none"> Falta de recurso humano del proyecto destinado a la Obra por parte de la alta gerencia. Personal técnico no responde únicamente al proyecto, se dan esfuerzos para demás obras.
¿Cuál es la lección aprendida?	<ul style="list-style-type: none"> Asignar recurso humano que se relacione y coordine actividades y fechas de entrega directamente con personal
Decisión tomada	<ul style="list-style-type: none"> Personal de diseño se llevó a obra por el último mes de la obra. Realizar trabajos de toda la obra.

Figura 3.43 Lección aprendida administración (2)

Lección Aprendida: **CONOCIMIENTO DE COMPRAS PÚBLICAS.**

¿Qué ocurrió?	<ul style="list-style-type: none"> Al finalizar el proyecto el flujo de efectivo se ve afectado por la liberación de la garantía del 5% del proyecto, por resolver temas pendientes de contrato.
¿Por qué ocurrió?	<ul style="list-style-type: none"> Desconocimiento de procedimientos de Contraloría del Estado. Desconocimiento de leyes y sanciones de LONSCP, revisión de oferta. Falta de evaluación de riesgos del proyecto.
¿Cuál es la lección aprendida?	<ul style="list-style-type: none"> Instruir a las personas encargadas de obra con el marco legal de la LONSCP.
Decisión tomada	<ul style="list-style-type: none"> Negociar con el cliente descuentos, y esperar liberación del Acta Entrega – Recepción provisional.

Figura 3.44 Lección aprendida administración (3)

Lección Aprendida: **INCLUIR COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS.**

¿Qué ocurrió?	<ul style="list-style-type: none"> Dentro de los contratos del estado, acorde a la LONSCP la Contratista deberá brindar la garantía técnica de operación por un año, posterior al AERD. El proyecto presenta a la fecha ciertos inconvenientes con calidad de material, rendimiento de equipos y confiabilidad de mediciones, por lo que se requiere de visitas técnicas cada quince días por este período, las mismas que no fueron incluidas en la oferta.
¿Por qué ocurrió?	<ul style="list-style-type: none"> Desconocimiento de la LONSCP, previo a la presentación de la oferta. Mala evaluación de la oferta y riesgos del proyecto.
¿Cuál es la lección aprendida?	<ul style="list-style-type: none"> Incorporar costos de garantía técnica por visitas e inspecciones en sitio, tanto de personal técnico local como del exterior de ser necesario. Solicitar el proyecto de contrato y revisarlo previo a la presentación de la oferta.
Decisión tomada	<ul style="list-style-type: none"> Realizar visitas periódicas mensuales por el lapso con la finalidad de dar cumplimiento en lo expuesto en la ley orgánica.

Figura 3.45 Lección aprendida administración (4)

Lección Aprendida: **ENTREGA REPORTE GERENCIAL MENSUAL DEL PROYECTO.**

¿Qué ocurrió?	<ul style="list-style-type: none"> • La alta directiva de Molemotor S.A. desconoce los avances y estados de cada proyecto por mes, lo cual no permite que se destinen la ayuda y entrega de recursos necesarios para solventar problemas y augurar el éxito y logros del proyecto.
¿Por qué ocurrió?	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de tiempo por sobrecarga de trabajo. • Mala administración del tiempo. • No hubo retroalimentación de informes entregados.
¿Cuál es la lección aprendida?	<ul style="list-style-type: none"> • Establecer un formato de informes gerenciales, que permitan dar claramente el estado real de la obra cada mes, detallando las necesidades de recursos para el éxito del proyecto.
Decisión tomada	<ul style="list-style-type: none"> • Enviar exclusivamente informes gerenciales en el mes de enero y febrero 2013.

Figura 3.46 Lección aprendida administración (5)

CAPÍTULO 4

4. ANÁLISIS DE COSTOS

Los costos de la presente tesis se determinaron por áreas, se han separado los costos del sistema de secado de puzolana del sistema de molienda de puzolana, esto se efectúa para la obtención de un valor más detallado en cada sección.

El análisis de costos inicia tomando en cuenta los equipos existentes y las modificaciones que se den en los mismos. Luego de esto se realizó los planos para la cotización de los materiales y máquinas necesarias para el proyecto. Ya teniendo los planos se puede proceder a realizar los presupuestos y pedir las cotizaciones a los posibles proveedores tanto nacionales como internacionales que fueron escogidos en el capítulo anterior, con estos datos se procede a realizar el presupuesto.

Cada uno de los costos al momento de ser analizados hubo varios aspectos a considerar como son los costos de diseño, fabricación, mano de obra, montaje e importación en cada uno de los elementos o equipos que fueron necesarios para la correcta construcción de la planta de secado y molienda de puzolana.

Los costos de diseño incluyen el diseño de estructuras, selección de equipos, planos de fabricación, plano de montaje, plano As Built.

Los costos de adquisición de materiales corresponden a la cotización de los materiales necesarios para la fabricación de cada una de las estructuras, para su compra y movilización hasta los talleres para utilizarlos o almacenarlos si fuera necesario.

Los costos de fabricación incluyen corte, armado, soldadura, pintura, mano de obra para la correcta construcción de cada una de las estructuras.

Los costos de transporte incluyen la movilización de las estructuras desde los talleres hasta el lugar donde se realizará el montaje, las estructuras se movilizaron como estructuras sencillas por facilidad de movimiento y por permisos de vialidad.

Los costos de montaje incluyen pintura en sitio, mano de obra, costo de materiales para obra falsa necesaria para el montaje, gastos de grúas o equipos para izaje de materiales.

Los costos de importación incluyen, el valor de los equipos con precio CIF ó FOB, con el transporte hasta el lugar del montaje, el costo de mano de obra de montaje, pruebas al vacío con personal del fabricante.

Existen dos tipos de contratos al momento de realizar una importación los cuales son Precio CIF y Precio FOB, para tener una idea más clara del significado de estas siglas, se presenta una prevé descripción de cada una.

Precio CIF: Es una abreviatura del inglés Cost Insurance and Freight, o Costo, seguro y flete. Es aquel valor que el vendedor aporta, cubriendo los costos que produce el transporte de la mercancía, ya sea por vía marítima al puerto de destino, o por vía terrestre a un hito determinado que puede ser un paso fronterizo o un punto terminal.¹¹⁶

⁸⁶FUENTE: www.diariocomex.cl/16743/identifique-valores-cif-fob-transacciones-comerciales

La importancia del valor CIF no viene dada solo por el transporte, sino también por el seguro contratado para cubrir riesgos como pérdida o daño de la mercancía.

Precio FOB: Las siglas en inglés de Free on Board, que en español puede utilizarse como Franco a bordo. Al igual que el valor CIF, es una cláusula de compraventa, pero se diferencia en cuanto a que el valor del transporte y seguro es cubierto por el comprador, es decir por el país de procedencia. El vendedor sólo debe cumplir con la obligación de entregar la mercancía en el medio de transporte designado por el comprador.

4.1 Análisis De Costos Para El Diseño, Montaje Y Construcción De La Planta.

Secado de Puzolana

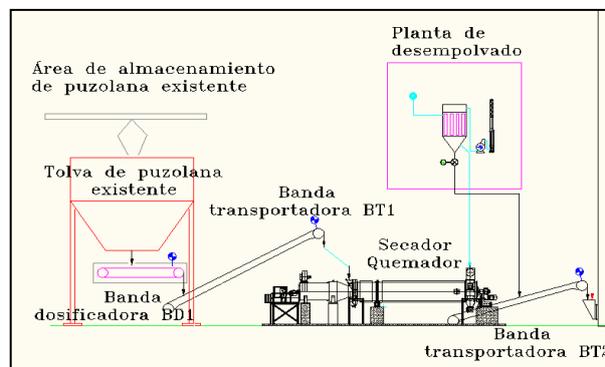


FIGURA. 4.1 Sistema de secador de puzolana

El presente presupuesto se realiza por máquina y estructura aledaña. Dentro de los valores unitarios algunos valores son en dólares por kilo y otros son en dólares por metros, estos valores contienen los rubros de adquisición, fabricación y montaje de cada uno de las maquinas y estructuras que las rodean.

A continuación se presenta una descripción de los rubros presentados en las tablas de costos de los equipos del sistema de Secado de puzolana.

Banda Dosificadora BD1

En la Tabla 24 se presentan los costos de la banda dosificadora BD1.

TABLA 24
COSTOS DE BANDA DOSIFICADORA BD1

BANDA DOSIFICADORA BD1	Unidad	Cantidad	Precio Unit	Precio Total	\$ 166.992,00
Banda Dosificadora BD1 - Precio CIF	Glb	1,00	\$ 49.920,46	\$ 49.920,46	
Importación Banda Dosificadora BD1	Glb	1,00	\$ 16.049,43	\$ 16.049,43	
Instalación Banda Dosificadora BD1	Kg.	3.600,00	\$ 0,68	\$ 2.448,00	
Pin-Gate (Needle Gate)	Kg.	1.450,00	\$ 5,80	\$ 8.410,00	
Chute Descarga	Kg.	450,00	\$ 4,23	\$ 1.903,50	
Tolva Puzolana húmeda (100 m3)	Kg.	18.500,00	\$ 3,36	\$ 62.160,00	
Estructura Soporte Banda Dosificadora BD1	Kg.	6.212,00	\$ 3,84	\$ 23.854,08	
Pasamanos	ml	24,30	\$ 92,45	\$ 2.246,54	

Dentro de los costos de Banda Dosificadora BD1 se encuentran varios rubros, las unidades escogidas para describir los elementos son:

- Global (Glb.) Esta es una unidad que nos detalla el costo total por maquina o equipo.
- Kilogramos (kg.), este peso en caso de las estructuras fabricadas localmente se obtiene por medio de planos y del desglose de cada uno de los elementos necesarios, en el caso de los equipos se da por medio de las cotizaciones recibidas por los proveedores quienes describen el peso de los equipos.
- Metros lineales (ml.) Esta unidad describe la cantidad de metros en este caso de los pasamanos, este rubro se describe de mejor manera por esta unidad que por kg. ya que nos proporciona una idea más exacta del mismo.

a) Banda Dosificado BD1 - Precio CIF

Este rubro nos da un costo de la Importación de la Banda, el Precio que nos da el proveedor de este equipo es un Precio CIF, la cotización del proveedor que se encuentra en el Anexo 12, la cual tiene un valor de € 37.167.

b) Importación de Banda Dosificadora BD1

Este rubro nos presenta el costo del transporte y seguro necesario para la movilización de la Bandas desde el país del Proveedor (FLSmithPfister – Alemania) hasta Ecuador, además de este valor este rubro incluye los valores de Desaduanización, los impuestos de Salidas de Divisas, Gastos de transferencias Bancarias y demás gastos necesarios para la importación hasta Ecuador.

a) Instalación de Banda Dosificadora BD1.

Este rubro incluye los costos del montaje de banda dosificadora, transporte desde el puerto hasta el lugar del montaje, puesta en marcha de la banda. El costo de este rubro es presentado en dólares por kilogramo, el peso del equipo se obtiene por la cotización enviada por el Proveedor.

b) Pin – Gate (Needle Gate).

El costo por Kilogramo del Pin Gate es mucho más elevado debido a que este es de fabricación local e incluye compra de materiales, maquinado de pines, fabricación de estructura, transporte de estructura, pintura de estructura, montaje de equipo.

c) Chute de descarga

Dentro del valor de este rubro se tiene en cuenta la compra de materiales, fabricación, transporte, montaje.

d) Tolva de puzolana húmeda (100 m³)

Es una tolva ya existente la cual se va a modificar reforzándola con material de más resistente para lograr mayor firmeza para soportar el flujo constante del material. Por este motivo el costo por kilo de la tolva es elevado, el mismo incluye los valores de adquisición de materiales, fabricación de estructura de refuerzos de tolva, transporte hasta el lugar de montaje, montaje de la estructura, modificación de la estructura existente para el correcto funcionamiento.

e) Estructura de soporte de Banda Dosificadora BD1.

Este rubro incluye la estructura necesaria para servir de soporte de la Banda Dosificadora, esta estructura es descrita en planos enviados por el proveedor de la máquina, este rubro incluye adquisición de materiales, fabricación de estructura, transporte de estructuras y montaje de estructuras.

BANDA TRANSPORTADORA BT1

En la Tabla 25 se presentan los costos de la banda transportadora BT1.

TABLA 25
COSTOS DE BANDA TRANSPORTADORA BT1

BANDA TRANSPORTADORA BT1	Unidad	Cantidad	Precio Unit	Precio Total	\$ 127.569,50
Banda Transporte Secador BT1	ml	28,00	\$ 3.214,50	\$ 90.006,00	
Montaje Banda Transporte Secador BT1 (28 ml)	Kg.	8.680,00	\$ 1,68	\$ 14.582,40	
Chute Descarga a Secador	Kg.	650,00	\$ 4,23	\$ 2.749,50	
Estructura metálica Banda Transportadora+Soportes	Kg.	2.450,00	\$ 3,84	\$ 9.408,00	
Cubierta Pasarela metálica	m2	96,00	\$ 19,45	\$ 1.867,20	
Grating- Plataforma	m2	46,00	\$ 50,00	\$ 2.300,00	
Pasamanos	ml	72,00	\$ 92,45	\$ 6.656,40	

a) Banda Transporte Secador BT1

Esta Banda es de 28 metros lineales y el valor que tiene la banda por metro lineal hace referencia a la adquisición de los rodillos, tambores, banda de caucho y demás componentes necesarios para una banda, este costo también incluye el transporte desde el proveedor hasta el lugar de montaje.

b) Montaje de Banda Transporte Secador BT1

La unidad para cuantificar el costo del montaje de la banda de 28 metros de longitud es en Kilogramos este peso se obtiene en la

cotización enviada por el proveedor, el precio presentado incluye el montaje de los rodillos, el tambor, la alineación de los rodillos y el tambor, la banda de caucho y el vulcanizado que se realiza al momento de pegar la misma.

c) Chute de Descarga al Secador

El chute de descarga al Secador es un cuerpo de metal que tiene un material que debe resistir internamente debido a la caída del material, es por este motivo que el costo por kilo de este chute es elevado, este rubro incluye adquisición de material, fabricación de chute, transporte de chute y montaje del mismo.

d) Estructura metálica de Banda de Transporte + Soporte

El rubro de estructura metálica hace referencia a los bastidores, soportes y cabezales metálicos que soporta la banda BT1, este rubro hace referencia a la fabricación, transporte y montaje de la estructura.

e) Cubierta de Pasarela Metálica

La cubierta es necesaria para las Banda ya que el material no debe absorber mas humedad de la que ya posee, las proveedores de cubierta la venden por metros cuadrados es por esta razón que se

presenta el presupuesto en esta unidades, dentro de este rubro incluye los costos de adquisición de materiales e instalación en sitio del mismo.

f) Grating – Plataforma

El grating tiene unidad de metros cuadrados debido a que los proveedores envían las cotizaciones en estas unidades, por esta razón se presenta el presupuesto de esta manera. Este material sirve como piso para la plataforma que va a estar ubicada al lado de la banda. Este rubro nos da los costos de adquisición de materiales, montaje de la planchas de grating.

g) Pasamanos

El rubro de pasamanos tiene unidad en metros lineales ideal para este tipo de estructuras ya que nos da una idea clara de los metros que va a cubrir, dentro de este rubro incluyen los valores de adquisición de materiales, fabricación, transporte y montaje de los pasamanos.

SECADOR DE PUZOLANA + QUEMADOR DE BUNKER

En la Tabla 26 se presentan los costos del secador y quemador de puzolana.

TABLA 26
COSTOS SECADOR PUZOLANA Y QUEMADOR BUNKER

SECADOR PUZOLANA + QUEMADOR BUNKER	Unidad	Cantidad	Precio Unit	Precio Total	\$ 986.257,38
Suministro Secador (Tambor - Housing - Main Drive)	Glb	1,00	\$ 271.811,70	\$ 271.811,70	
Suministro Quemador(Refractario Agitador combustor)	Glb	1,00	\$ 332.214,30	\$ 332.214,30	
Importación Secador	Glb	1,00	\$ 48.926,11	\$ 48.926,11	
Importación Quemador	Glb	1,00	\$ 59.798,57	\$ 59.798,57	
Montaje Secador	Kg.	27.000,00	\$ 1,38	\$ 37.260,00	
Montaje Quemador	Kg.	18.000,00	\$ 1,38	\$ 24.840,00	
Fabricación Local Elementos Secador y Quemador	Kg.	6.000,00	\$ 6,70	\$ 40.200,00	
Aislamiento Térmico	m2	225,00	\$ 135,00	\$ 30.375,00	
Red Tuberías bunker	ml	200,00	\$ 265,00	\$ 53.000,00	
Red Tuberías Aceite	ml	400,00	\$ 145,00	\$ 58.000,00	
Tanque Almacenamiento Bunker Diario 1000 Lts	Kg.	3.500,00	\$ 6,00	\$ 21.000,00	
Plataforma Acceso Hot Gas Generator	Kg.	1.600,00	\$ 3,18	\$ 5.088,00	
Cubierta Plataforma Acceso	m2	20,00	\$ 19,45	\$ 389,00	
Grating Plataforma	m2	16,00	\$ 50,00	\$ 800,00	
Escaleras Acceso	ml	5,00	\$ 400,00	\$ 2.000,00	
Pasamanos	ml	6,00	\$ 92,45	\$ 554,70	

a. Suministro del Secador (Tambor – Housing – Main Drive)

Este rubro se describe con una unidad global debido a que el costo que se presenta es el costo del Tambor del Secador el cual se puede verificar en los anexo 2 en la cotización de ALLGAIER TECHNOLOGY una empresa Alemana nos presenta un precio CIF Guayaquil, este costo incluye los valores de transporte y se seguro hasta el Puerto de Guayaquil, además incluye los valores de un técnico de el proveedor, por una semana, quien verificará la alineación del Tambor cuando se haya realizado el montaje.

b. Suministro de Quemador (Refractario Agitador Combustor)

Este rubro hace referencia a la adquisición del Quemador de Bunker, el proveedor de los dos equipos es de ALLGAIER TECHNOLOGY, el cual realiza una cotización total para los dos equipos, dentro de la cotización el Precio que ofrece el proveedor es un precio CIF. Ver Anexo 2.

c. Importación de Secador

Este rubro nos presenta el costo del transporte y seguro necesario para la movilización del Secador desde el país del Proveedor (ALLGAIER TECHNOLOGY – Alemania) hasta Ecuador, además de este valor este rubro incluye los valores de desaduanización, los impuestos de Salidas de Divisas, Gastos de transferencias Bancarias y demás gastos necesarios para la importación hasta Ecuador.

d. Importación Quemador

Este rubro nos presenta el costo del transporte y seguro necesario para la movilización del Quemador desde el país del Proveedor (ALLGAIER TECHNOLOGY – Alemania) hasta Ecuador, además de este valor este rubro incluye los valores de Desaduanización, los impuestos de Salidas de Divisas, Gastos

de transferencias Bancarias y demás gastos necesarios para la importación hasta Ecuador.

e. Montaje del Secador

La unidad para cuantificar el costo del montaje del Secador es en Kilogramos este peso se obtiene de la cotización enviada por el proveedor, el precio presentado incluye el montaje de los rodillos, el tambor, el Main drive y el housing, este valor incluye los valores de alineación por parte de los Mecánicos de la empresa.

f. Montaje del Quemador

La unidad para cuantificar el costo del montaje del Secador es en Kilogramos este peso se obtiene de la cotización enviada por el proveedor, el precio presentado incluye el montaje del quemador, refractarios y agitador del combustible, este valor incluye los valores de montaje de los equipos, instalación de refractarios dentro del quemador e instalación de la bomba de calentamiento de combustible para el bunker (combustible).

g. Fabricación Local Elementos Secador y Quemador

Dentro de los planos enviados por el Fabricante del Secador y Quemador se encuentran algunos elementos que no están incluidos en el valor cotizado por el proveedor, estos elementos son considerados de fabricación local el detalle de tipos de materiales y peso se encuentra en los planos enviados en el fabricante, dentro de este rubro se encuentra el peso en kilogramos de todos esos elementos para los cuales se ha considerado la adquisición de materiales, fabricación, transporte y montaje.

h. Aislamiento Térmico

El rubro de aislamiento térmico consiste en el recubrimiento de la tubería de bunker y aceite con material aislante, con esto se evita la pérdida de calor al ambiente, este rubro es cotizado por metro cuadrado ya que el proveedor de este servicio lo realiza de esta manera, el costo de este rubro consiste en la contratación de un proveedor nacional para la instalación en sitio del aislamiento necesario para la tubería.

i. Red de tubería de Bunker

El rubro de tubería de bunker está representado por metros lineales ya que con esta unidad se tiene una idea clara de los

metros que va a cubrir, dentro del costo por metro lineal está incluido la adquisición de los materiales (tubería, accesorios, etc.), fabricación (soldadura y rodadura de tubería con los accesorios) y montaje de la tubería.

j. Red de tubería de Aceite

El rubro de tubería de bunker está representado por metros lineales ya que con esta unidad se tiene una idea clara de los metros que va a cubrir, dentro del costo por metro lineal está incluido la adquisición de los materiales (tubería, accesorios, etc.), fabricación (soldadura y rodadura de tubería con los accesorios) y montaje de la tubería. El valor de instalación de esta tubería es mas económica debía a que es una tubería de menor diámetro y requiere de menor trabajo.

k. Tanque Almacenamiento de Bunker Diario 1000 Lts.

Este rubro tiene una unidad en kilogramos ya que es de fabricación local, el costo que representa es de adquisición de material, fabricación, transporte hasta el sitio de montaje y montaje e instalación de bomba del tanque de almacenamiento de bunker.

I. Plataforma Acceso Hot Gas Generator

La plataforma de acceso es una estructura que permite la libre circulación de personal para realizar las tareas de mantenimiento del generador, la unidad con la que genera el costo de este rubro es en Kilogramos, esta estructura es de fabricación local y este costo por kilogramo representa la adquisición de materiales, la fabricación, el transporte y el montaje de la estructura metálica de esta plataforma.

PLANTA DESEMPOLVADO SCHEUCH

En la Tabla 27 se presentan los costos de la planta de desempolvado SCHEUCH.

TABLA 27

COSTOS DE PLANTA DE DESEMPOLVADO SCHEUCH

PLANTA DESEMPOLVADO SCHEUCH	Unidad	Cantidad	Precio Unit	Precio Total	\$ 484.991,39
Planta Desempolvado 52.000 m3/h	Glb.	1,00	\$ 308.456,22	\$ 308.456,22	
Importación Planta Desempolvado 52.000 m3/h	Glb.	1,00	\$ 55.522,12	\$ 55.522,12	
Montaje Planta Desempolvado	Kg.	32.500,00	\$ 1,38	\$ 44.850,00	
Chimenea	Kg.	4.500,00	\$ 3,93	\$ 17.685,00	
Ductos de Interconexión	Kg.	2.000,00	\$ 4,25	\$ 8.500,00	
Ductos Desempolvados	Kg.	5.000,00	\$ 4,45	\$ 22.250,00	
Escaleras y Plataformas Mtto.	Kg.	7.200,00	\$ 3,18	\$ 22.896,00	
Pasamanos	ml	9,00	\$ 92,45	\$ 832,05	
Red Aire Comprimido	ml	80,00	\$ 50,00	\$ 4.000,00	

a) Planta Desempolvado 52.000 m³/h

Este rubro hace referencia a la compra del Filtro de desempolvado, este filtro es especial ya que es el Filtro de Desempolvado del Secador y trata aire caliente, por este motivo el costo de esta máquina es tan elevada, el proveedor de este equipos es SCHEUCH – Alemania, el precio que ofrece es un Precio CIF Guayaquil, este costo se detalla en el Anexo 3, el costo de este rubro se presenta en esta cotización. El costo presentado en la Tabla 27 de este rubro hace referencia a la compra de este equipo.

Importación Planta Desempolvado 52.000 m³/h

Este rubro nos presenta el costo del transporte y seguro necesario para la movilización del Filtro de Desempolvado desde el país del Proveedor (SCHEUCH – Alemania) hasta Ecuador, además de este valor del rubro presentado en la Tabla 27 incluye los valores de Desaduanización, los impuestos de Salidas de Divisas, Gastos de transferencias Bancarias y demás gastos necesarios para la importación hasta Ecuador.

b) Montaje de Planta Desempolvado

La unidad para cuantificar el costo del montaje del Filtro del Secador es en Kilogramos este peso se obtiene de la cotización enviada por el

proveedor, el precio presentado en la Tabla 27 incluye el montaje del Filtro en sitio.

c) Chimenea

La chimenea es un equipo de fabricación local, los planos son enviados por el proveedor del Filtro, el costo presentado en la Tabla 27 hace referencia a la adquisición de material, fabricación y montaje del equipo.

BANDA TRANSPORTADORA BT2

En la Tabla 28 se presentan los costos de la banda transportadora BT2.

TABLA 28

COSTOS DE BANDA TRANSPORTADORA BT2

BANDA TRANSPORTADORA BT2	Unidad	Cantidad	Precio Unit	Precio Total	\$ 54,756,00
Banda Transporte Secador BT2 (11 ml)	ml.	11,00	\$ 3.214,50	\$ 35.359,50	
Montaje Banda Transporte Secador BT2 (11 ml)	Kg.	4.950,00	\$ 1,38	\$ 6.831,00	
Chute Descarga a EC1	Kg.	650,00	\$ 4,23	\$ 2.749,50	
Estructura metálica Banda Transportadora+Soportes	Kg.	2.200,00	\$ 3,18	\$ 6.996,00	
Cubierta Pasarela metálica	m2	22,00	\$ 10,00	\$ 220,00	
Grating - Plataforma	m2	16,00	\$ 50,00	\$ 800,00	
Pasamanos	ml	24,00	\$ 75,00	\$ 1.800,00	

a) Banda de Transporte Secador BT2 (11 ml)

Esta Banda es de 11 metros lineales y el valor que tiene la banda por metro lineal hace referencia a la adquisición de los rodillos, tambores, banda de caucho y demás componentes necesarios para

una banda, el costo presentado en la Tabla 28 incluye los valores del transporte desde el proveedor hasta el lugar de montaje.

b) Montaje de Banda de Transporte Secador BT2 (11 ml)

La unidad para cuantificar el costo del montaje de la banda de 11 metros de longitud es en Kilogramos este peso se obtiene en la cotización enviada por el proveedor, el precio presentado en la Tabla 28 incluye el montaje de los rodillos, el tambor, la alineación de los rodillos y el tambor, la banda de caucho y el vulcanizado que se realiza al momento de pegar la misma.

c) Chute de Descarga a EC1

El chute de descarga al Elevador de Cangilones EC1 es un cuerpo de metal que tiene un material que debe resistir internamente debido a la caída del material, es por este motivo que el costo por kilo de este chute es elevado, el rubro presentado en la Tabla 28 incluye adquisición de material, fabricación de chute, transporte de chute y montaje del mismo.

d) Estructura metálica Banda de Transporte y Soportes

El rubro de estructura metálica hace referencia a los bastidores, soportes y cabezales metálicos que soporta la banda BT2, el rubro presentado en la Tabla 28 hace referencia a la adquisición de material, fabricación, transporte y montaje de la estructura.

INGENIERÍA

En la Tabla 29 se presentan los costos de la ingeniería.

TABLA 29
COSTO DE INGENIERÍA

INGENIERÍA	Unidad	Cantidad	Precio Unit	Precio Total	\$ 47.500,00
Ingeniería y Obra Estructural	Un.	1	\$ 12.500,00	\$ 12.500,00	
Project Management	Un.	1	\$ 35.000,00	\$ 35.000,00	

a) Ingeniería y Obra Estructural

Dentro del rubro de Ingeniería y Obra Estructural presentado en la Tabla 29 constan los valores de toma de datos para la correcta realización de planos de fabricación, planos de montaje, planos de detalle, planos As-built y todos los detalles necesarios para la realización de los mismos.

b) Project Management

El rubro de Project Management representado en la Tabla 29 hace referencia a la Gestión de Proyectos la cual se hace cargo del trato tanto con los proveedores como con el cliente, también se encarga de la gestión de los tiempos, presupuestos, materiales, equipos y todo lo referente al proyecto.

MOLIENDA DE PUZOLANA

En la figura 4.2 se presenta el sistema de molienda de puzolana.

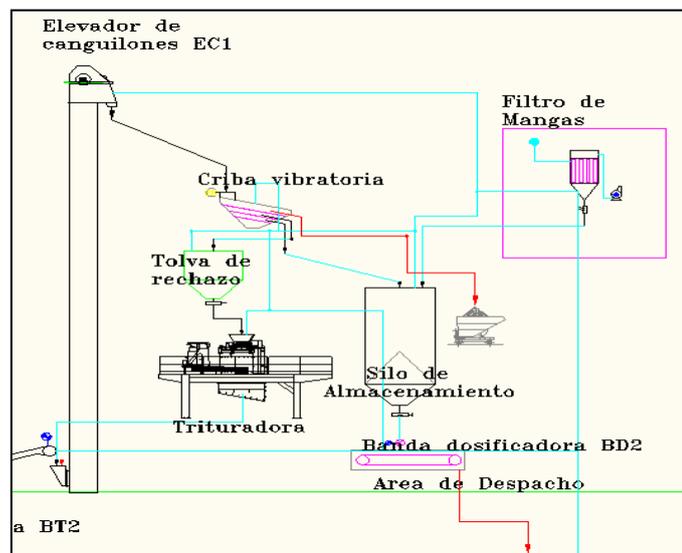


FIGURA. 4.2 SISTEMA DE MOLIENDA DE PUZOLANA

El presente presupuesto se realiza por máquina y estructura aledaña. Dentro de los valores unitarios algunos valores son en dólares por kilo y otros son en dólares por metros, estos valores contienen los rubros de adquisición, fabricación, transporte y montaje de cada uno de las maquinas y estructuras que las rodean.

A continuación se presenta una descripción de los rubros presentados en las tablas de costos de los equipos del sistema de Molienda de puzolana.

ELEVADOR DE CANGILONES EC1

En la Tabla 30 se presentan los costos del elevador de cangilones EC1.

TABLA 30

COSTOS DE ELEVADOR DE CANGILONES EC1

ELEVADOR CANGILONES EC1					\$ 241.593,63
Suministro Elevador Cangilones EC1	Glb	1,00	\$ 119.668,08	\$	119.668,08
Importación Elevador Cangilones EC1	Glb	1,00	\$ 21.540,25	\$	21.540,25
Montaje Elevador Cangilones EC1	Kg.	26.310,00	\$ 1,38	\$	36.307,80
Fabricación Local (Cuerpos, Baldes, plataforma, puertas)	Kg.	15.950,00	\$ 3,73	\$	59.493,50
Chute Transferencia a Etapa Clasificación	Kg.	800,00	\$ 4,23	\$	3.384,00
Junta de Expansión Chute	Kg.	200,00	\$ 6,00	\$	1.200,00

a) Suministro Elevador Cangilones EC1

Este rubro hace referencia a la compra del Elevador de Cangilones, este elevador es adquirido a una empresa Alemana AUMUND, el precio que ofrece el proveedor es un Precio CIF Guayaquil, este costo se detalla en el Anexo 3, el costo de este rubro se presenta en esta cotización. El costo presentado en la Tabla 30 de este rubro hace referencia a la compra de este equipo, se debe tener en cuenta que el precio presentado en los anexos es un rubro en Euros y se tiene que convertir a dólares para tener un costo real.

b) Importación Elevador Cangilones EC1

Este rubro nos presenta el costo del transporte y seguro necesario para la movilización del Elevador de Cangilones EC1 desde el país del Proveedor (AUMUND – Alemania) hasta Ecuador, además de este valor del rubro presentado en la Tabla 30 incluye los valores de Desaduanización, los impuestos de Salidas de Divisas, Gastos de transferencias Bancarias y demás gastos necesarios para la importación hasta Ecuador.

c) Montaje Elevador Cangilones EC1

La unidad para cuantificar el costo del montaje del Elevador de Cangilones es en Kilogramos este peso se obtiene de la cotización enviada por el proveedor, en este caso se suman los pesos del equipo importado y los pesos de la fabricación local, el precio presentado en la Tabla 30 incluye los costos del montaje del Elevador en sitio.

d) Fabricación Local (Cuerpos, Baldes, plataforma, puertas)

El costo de fabricación local en la Tabla 30 es cuantificado con la unidad de Kg. (Kilogramos) debido a que son cuerpos o piezas que van a ser fabricados en un taller nacional, estos costos presentado en esta tabla hace referencia a la adquisición de material, fabricación y transporte de cada uno de estos elementos.

e) Chute Transferencia a Etapa Clasificación

El costo del Chute de Transferencia presentado en la Tabla 30, hace referencia al chute que va desde el Elevador hasta la criba que es la Etapa de clasificación del proceso, el costo que se presenta en esta tabla incluye los valores de adquisición de materiales, fabricación y transporte del chute.

f) Junta de Expansión Chute

La Junta de Expansión es necesaria para la unión entre la criba y el chute debido al movimiento de la criba ya que si no tuviera la junta de expansión el movimiento vibratorio fuera transmitido y esto afectaría a la estructura del Elevador, en la Tabla 30 se representa esta el costo de esta Junta con una unidad de Kilogramos (kg.) debido a que esta es la forma en la que el proveedor nos la cotiza, el costo presentado en la tabla hace referencia a los costos de adquisición, fabricación y montaje de la Junta de Expansión en sitio.

EDIFICIO DE MOLIENDA

En la Tabla 31 se presentan los costos del edificio de molienda.

TABLA 31

COSTOS DE EDIFICIO DE MOLIENDA

EDIFICIO MOLIENDA	Unidad	Cantidad	Precio Unit	Precio Total	\$ 355.764,80
Estructura metálica Principal	Kg.	67.890,00	\$ 3,84	\$ 260.697,60	
Cubierta - Paredes Edificio	m2	1.310,00	\$ 10,00	\$ 13.100,00	
Escaleras Acceso	Kg.	4.750,00	\$ 4,25	\$ 20.187,50	
Grating - Plataforma	Kg.	15.800,00	\$ 3,10	\$ 48.980,00	
Pasamanos	ml	138,45	\$ 92,45	\$ 12.799,70	

Dentro de los costos del Edificio de Molienda se encuentran varios rubros, las unidades escogidas para describir los elementos son:

- Kilogramos (kg.). En el caso del Edificio ya que es totalmente de fabricación local es representado con esta unidad, el peso de las estructuras fabricadas localmente se obtiene por medio de planos y del desglose de cada uno de los elementos.
- Metros cuadrados (m2.) Esta unidad se detalla para dar una idea clara de los rubros de cubierta o techado y de las paredes que en este caso van a ser del mismo material, por este motivo se presenta el costo con esta unidad.
- Metros lineales (ml.) Con esta unidad se describe la cantidad de metros de los pasamanos, este rubro se describe de mejor

manera por esta unidad que por kg. ya que nos proporciona una idea más exacta del mismo.

a) Estructura metálica Principal

La Estructura metálica principal hace referencia a todo las vigas y columnas del Edificio ya que es un edificio de una altura considerable este rubro tiene un peso de casi 6 Toneladas, la unidad para describir este rubro son los kilogramos ya que es una estructura de diseño y fabricación local, el costo presentado en la Tabla 31 considera los costos de adquisición de materiales, fabricación de vigas y columnas, transporte y montaje de la estructura.

b) Cubierta – Paredes Edificio

La Cubierta y las paredes del edificio van a ser cubiertas con Master Deck, este rubro tiene unidades en metros cuadrados (m²) esto se debe a que el proveedor de este rubro lo cotiza de esta manera, en la Tabla 31 el rubro presentado para Cubierta y Paredes hace referencia a la contratación del servicio de suministro y montaje del Master Deck en sitio para el edificio.

c) Escaleras Acceso.

Las escaleras de acceso son estructuras necesarias que van dentro del edificio para poder movilizarse en por sus niveles, en la Tabla 31 es

descrita por kilogramos ya que es una estructura de fabricación local, dentro de los costos de este rubro se hace referencia a la adquisición de materiales, fabricación, transporte y montaje de las escaleras en el sitio.

SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE MATERIAL CV1

En la Tabla 32 se presentan los costos del sistema de clasificación del material CV1.

TABLA 32

COSTO DE SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE MATERIAL CV1

SISTEMA CLASIFICACION MATERIAL CV1	Unidad	Cantidad	Precio Unit	Precio Total	\$ 164.290,51
Suministro Criba vibratoria 160 ton/h	Glb.	1,00	\$ 95.301,90	\$ 95.301,90	
Importación Criba vibratoria 160 Ton/h	Glb.	1,00	\$ 30.496,61	\$ 30.496,61	
Montaje Criba CV1	Kg.	5.300,00	\$ 1,08	\$ 5.724,00	
Bancada Anti vibración Criba	Kg.	6.000,00	\$ 3,18	\$ 19.080,00	
Estructura Soporte de Criba	Kg.	2.100,00	\$ 3,18	\$ 6.678,00	
Ductos de Rechazo de Cribas	Kg.	1.600,00	\$ 3,60	\$ 5.760,00	
Juntas Expansion	Un.	5,00	\$ 250,00	\$ 1.250,00	

Dentro de los costos del Sistema de Clasificación de Materiales CV1 se encuentran varios rubros, las unidades escogidas para describir los elementos son:

- Global (Glb.) Esta es una unidad que nos detalla el costo total por maquina o equipo.

- Kilogramos (kg.). Este peso en caso de las estructuras fabricadas localmente se obtiene por medio de planos y del desglose de cada uno de los elementos necesarios, en el caso de los equipos se da por medio de las cotizaciones recibidas por los proveedores quienes describen el peso de los equipos.
- Unidad (Un.) Hace referencia a un global ya que es la unidad con la cual se describe el costo total de estos rubros.

a) Suministro Criba vibratoria 160 Ton/h

Este rubro hace referencia a la compra de la Criba Vibratoria, este equipo es adquirido a una empresa Española GOSAG que está dentro del grupo ALLGAIER, el precio que ofrece el proveedor es un Precio CIF Guayaquil, este costo se detalla en el Anexo 4, el costo de este rubro se presenta en esta cotización. El costo presentado en la Tabla 32 de este rubro hace referencia a la compra de este equipo, se debe tener en cuenta que el precio presentado en los anexos es un rubro en Euros y se tiene que convertir a dólares para tener un costo real.

b) Importación Criba Vibratoria 160 Ton/h

Este rubro nos presenta el costo del transporte y seguro necesario para la movilización de la Criba Vibratoria CV1 desde el país del

Proveedor (GOSAG – España) hasta Ecuador, además de este valor del rubro presentado en la Tabla 32 incluye los valores de Desaduanización, los impuestos de Salidas de Divisas, Gastos de transferencias Bancarias y demás gastos necesarios para la importación hasta Ecuador.

c) Montaje de Criba CV1

La unidad para cuantificar el costo del montaje de la Criba es en Kilogramos este peso se obtiene de la cotización enviada por el proveedor, en este caso se suman los pesos del equipo importado y los pesos de la fabricación local, el precio presentado en la Tabla 32 incluye los costos del montaje de la Criba en sitio.

d) Bancada Anti vibración Criba

La bancada anti-vibración está ubicada bajo la criba y tiene un sistema de resortes que sirven de amortiguadores para evitar la transferencia de movimiento hacia el edificio, esta bancada está detallada por la unidad de kilogramos (Kg.) y el costo presentado en la Tabla 32 incluye los valores de adquisición de materiales, fabricación y montaje de la bancada.

e) Estructura Soporte de Criba

La estructura de soporte de las cribas es que se encuentra sobre la bancada, esta estructura esta descrita en unidades de kilogramos (Kg.), en la Tabla 32 presenta los costos de este soporte el valor incluye la adquisición de materiales, fabricación, transporte y montaje de la Estructura de Soporte.

f) Ducto de Rechazo de Criba

La criba está dentro de un sistema de clasificación lo que quiere decir que va a tener que dirigir el material por diferentes caminos dependiendo de la granulometría de cada uno, es por esta razón que debe tener ductos de rechazo, la unidad con la que se detallan los ductos son kilogramos (Kg.) el costo de estos ductos es presentado en la Tabla 32 este valor incluye la adquisición de materiales, fabricación, transporte y montaje de los Ductos.

g) Juntas de Expansión

La Junta de Expansión es necesaria para la unión entre la criba y los ductos debido al movimiento de la criba ya que si no tuviera la junta de expansión el movimiento vibratorio fuera transmitido y esto afectaría a la estructura de los ductos y edificio, en la Tabla 32 se

representa esta el costo de esta Junta como unidad (Un.) debido a que esta es la forma en la que el proveedor nos la cotiza, el costo presentado en la tabla hace referencia a los costos de adquisición, fabricación y montaje de las Juntas de Expansión en sitio.

ALMACENAMIENTO DE CLASIFICACIÓN

En la Tabla 33 se presentan los costos del silo pulmón.

TABLA 33

COSTO DE SILO PULMÓN

ALMACENAMIENTO DE CLASIFICACION	Unidad	Cantidad	Precio Unit	Precio Total	\$ 13.023,00
Silo Pulmón 16 Ton	Kg.	2.200,00	\$ 3,34	\$ 7.348,00	
Válvula Guillotina Silo SL2	Un.	1,00	\$ 3.200,00	\$ 3.200,00	
Grating Plataforma	m2	12,00	\$ 50,00	\$ 600,00	
Escaleras Acceso	ml	3,00	\$ 400,00	\$ 1.200,00	
Pasamanos	ml	9,00	\$ 75,00	\$ 675,00	

a) Silo Pulmón 16 Ton.

El silo pulmón es utilizado como almacenamiento al momento de una parada de la planta, este silo es de fabricación local por tal motivo la unidad que se presenta para su cotización son Kilogramos (Kg.), en la Tabla 33 se presenta el presupuesto el cual incluye los valores de

adquisición de materiales, fabricación, transporte y montaje del silo dentro del edificio.

b) Válvula Guillotina Silo SL2

Esta válvula Guillotina está instalada bajo el silo pulmón y sirve para dosificar el flujo del material, el costo de la válvula es presentado en la Tabla 33 y es detallado como unidad ya que es un equipo que se adquiere como una pieza en la tabla el costo incluye los valores de la adquisición de la válvula y montaje de la misma.

TRITURADORA DE IMPACTO

En la Tabla 34 se presentan los costos del triturador de impacto.

TABLA 34

COSTO DE TRITURADORA DE IMPACTO

TRITURADORA DE IMPACTO	Unidad	Cantidad	Precio Unit	Precio Total	\$ 625.610,44
Trituradora Impacto 150 Ton/h TR1	Glb.	1,00	\$ 273.723,00	\$ 273.723,00	
Importación Trituración Impacto 150 Ton/h	Glb.	1,00	\$ 76.642,44	\$ 76.642,44	
Montaje Trituradora Impacto 150 Ton/h	Kg.	134.000,00	\$ 1,86	\$ 249.240,00	
Estructura Soporte Trituradora	Kg.	1.000,00	\$ 3,93	\$ 3.930,00	
Tolva Colectora Descarga	Kg.	3.500,00	\$ 4,25	\$ 14.875,00	
Válvula Guillotina Superior	Un.	1,00	\$ 3.200,00	\$ 3.200,00	
Junta Expansión	Un.	1,00	\$ 400,00	\$ 400,00	
Pasamanos	ml	48,00	\$ 75,00	\$ 3.600,00	

a) Trituradora Impacto 150 Ton/h TR1

Este rubro hace referencia a la compra de la Trituradora Impacto, este equipo es adquirido a una empresa Chilena MAGOTTEAUX ANDINA S.A., el precio que ofrece el proveedor es un Precio CIF Guayaquil, este costo se detalla en el Anexo 5, el costo de este rubro se presenta en esta cotización. El costo presentado en la Tabla 34 de este rubro hace referencia a la compra de este equipo, se debe tener en cuenta que el precio presentado en los anexos es un rubro en Euros y se tiene que convertir a dólares para tener un costo real.

b) Importación Trituradora Impacto 150 Ton/h

Este rubro nos presenta el costo del transporte y seguro necesario para la movilización de la Trituradora desde el país del Proveedor (MAGOTTEAUX ANDINA S.A - Chile) hasta Ecuador, además de este valor del rubro presentado en la Tabla 34 incluye los valores de Desaduanización, los impuestos de Salidas de Divisas, Gastos de transferencias Bancarias y demás gastos necesarios para la importación hasta Ecuador.

c) Montaje Trituradora Impacto 150 Ton/h

La unidad para cuantificar el costo del montaje de la Trituradora de Impacto es Kilogramos este peso se obtiene de la cotización enviada por el proveedor, el precio presentado en la Tabla 34 incluye los costos del montaje de la Trituradora en sitio.

d) Estructura Soporte Trituración

La estructura de soporte de la trituradora se encuentra fabricada con vigas especiales que soportaran el peso del equipo, esta estructura esta descrita en unidades de kilogramos (Kg.), en la Tabla 34 se presenta los costos de este soporte el valor incluye la adquisición de materiales, fabricación, transporte y montaje de la Estructura de Soporte.

e) Tolva Colectora de Descarga

La tolva colectora es una estructura de fabricación local por tal motivo se describe con la unidad de kilogramos (kg.), en la Tabla 34 se presenta el presupuesto para este rubro el cual incluye los valores de adquisición de material, fabricación, transporte y montaje de la estructura en sitio.

f) Válvula Guillotina Superior

Esta válvula Guillotina sirve para dosificar el flujo del material, el costo de la válvula es presentado en la Tabla 34 y es detallado como unidad ya que es un equipo que se adquiere como una pieza en la tabla el costo incluye los valores de la adquisición de la válvula y montaje de la misma.

g) Junta Expansión

La Junta de Expansión es necesaria para la unión entre la trituradora y la tolva ya que si no tuviera la junta de expansión el movimiento vibratorio fuera transmitido y esto afectaría a la estructura, en la Tabla 34 se representa el costo de la Junta de Expansión como unidad (Un.) debido a que esta es la forma en la que el proveedor nos la cotiza, el costo presentado en la tabla hace referencia a los costos de adquisición, fabricación y montaje de las Juntas de Expansión en sitio.

FILTRO DESEMPOLVADO MOLIENDA

En la Tabla 35 se presentan los costos del filtro de desempolvado de molienda.

TABLA 35

COSTOS DE FILTRO DESEMPOLVADO MOLIENDA

FILTRO DESEMPOLVADO MOLIENDA	Unidad	Cantidad	Precio Unit	Precio Total	\$ 136.439,00
Filtro Desempolvado 33.500 m3/h	Kg.	13.800,00	\$ 4,20	\$ 57.960,00	
Soportes del Filtro	Kg.	2.200,00	\$ 3,13	\$ 6.886,00	
Ventilador 38.000 m3/H	Un.	1,00	\$ 18.900,00	\$ 18.900,00	
Ductos Desempolvados	Kg.	8.000,00	\$ 4,45	\$ 35.600,00	
Pernos, Silicón y Pavilos	Glb.	1,00	\$ 1.200,00	\$ 1.200,00	
Válvula Doble Pendular	Kg.	250,00	\$ 6,85	\$ 1.712,50	
Silenciador Scheuch	Un	1,00	\$ 9.500,00	\$ 9.500,00	
Plataforma Mantenimiento	Kg.	1.200,00	\$ 3,13	\$ 3.756,00	
Pasamanos	ml	10,00	\$ 92,45	\$ 924,50	

a) Filtro de Desempolvado 33.500 m3/h

El Filtro de Desempolvado del área de Molienda es un filtro de fabricación local por lo tanto el peso se lo obtiene de los planos entregado por el departamento de diseño, en la Tabla 35 se detalla un costo por kilogramo de este rubro el cual incluye los valores de adquisición de material, fabricación, transporte y montaje dentro del edificio.

b) Soportes de Filtro

Los soportes del filtro al igual que el filtro son de fabricación local, en la tabla 35 el costo por kilogramo que se presenta incluye los valores de adquisición de materiales, fabricación, transporte y montaje de los soportes.

c) Ventilador 38.000 m³/h

El Ventilador es un equipo de adquisición nacional por este motivo se lo presenta como una unidad, el costo que se presenta en la Tabla 35 hace referencia a la adquisición, transporte e instalación del ventilador dentro del edificio de molienda.

d) Ductos Desempolvado

Los Ductos transportan el polvo de puzolana de los equipos y del ambiente hasta el filtro, estos ductos son de fabricación local por este motivo en la Tabla 35 se presenta un costo por kilogramo, el cual incluye los valores de adquisición de materiales, fabricación, transporte y montaje de los ductos del filtro de desempolvado.

SILO DE PUZOLANA SECA 200 TON

En la Tabla 36 se presentan los costos del silo de puzolana seca de 200 TON.

TABLA 36

COSTOS DEL SILO DE PUZOLANA SECA 200 TON

SILO PUZOLANA SECA 200 TON	Unidad	Cantidad	Precio Unit	Precio Total	\$ 126.316,71
Silo Puzolana Seca 200 Ton	Kg.	16.215,00	\$ 3,34	\$ 54.158,10	
Soportes	Kg.	9.178,20	\$ 3,84	\$ 35.244,29	
Escaleras y Pasamanos	Kg.	1.360,00	\$ 4,88	\$ 6.636,80	
Suministro Válvula rotatoria VR1	Glb.	1,00	\$ 24.781,80	\$ 24.781,80	
Importación válvula rotatoria VR1	Glb.	1,00	\$ 4.460,72	\$ 4.460,72	
Montaje Válvula Rotatoria	Kg.	750,00	\$ 1,38	\$ 1.035,00	

a) Silo puzolana Seca 200 Ton

El Silo de puzolana es una estructura de grandes dimensiones y de fabricación local, es por esta razón que en la tabla 36 se detalla con una unidad en kilogramos y con un costo por kilogramo el cual incluye los valores de adquisición de materiales, fabricación, transporte y montaje de Silo de 200 Toneladas.

b) Soportes

La estructura de soportes se describe con unidad de kilogramos ya que es una estructura de fabricación local, el costo por kilogramo presentado en la Tabla 36 hace referencia a la adquisición de material, fabricación, transporte y montaje de la estructura de soporte del silo.

c) Escaleras y Pasamanos

En este caso se ha cotizado un solo rubro para las escaleras y los pasamanos, el peso de estas estructuras se encuentra desglosando los planos, en la Tabla 36 se presenta un costo por kilogramo el cual hace referencia a la adquisición de materiales, fabricación, transporte y montaje de las escaleras y pasamanos del silo.

d) Suministro Válvula Rotatoria VR1

Este rubro hace referencia a la compra de la Válvula Rotatoria VR1, este equipo es adquirido a una empresa Estadounidense PHUB, el precio que ofrece el proveedor es un Precio CIF Guayaquil, este costo se detalla en el Anexo 6, el costo de este rubro se presenta en esta cotización. El costo presentado en la Tabla 36 de este rubro hace referencia a la compra de este equipo.

e) Importación Válvula Rotatoria VR1

Este rubro nos presenta el costo del transporte y seguro necesario para la movilización de la Válvula desde el país del Proveedor (PHUB – USA) hasta Ecuador, además de este valor del rubro presentado en

la Tabla 36 incluye los valores de desaduanización, los impuestos de salidas de divisas, gastos de transferencias bancarias y demás gastos necesarios para la importación hasta Ecuador.

f) Montaje de Válvula Rotatoria

La unidad para cuantificar el costo del montaje de la Válvula es Kilogramos este peso se obtiene de la cotización enviada por el proveedor, el precio presentado en la Tabla 36 incluye los costos de transporte y montaje de la válvula en sitio.

BANDA DOSIFICADORA DB2

En la Tabla 37 se presentan los costos de la banda dosificadora BD2.

TABLA 37

COSTOS DE BANDA DOSIFICADORA BD2

BANDA DOSIFICADORA BD2	Unidad	Cantidad	Precio Unit	Precio Total	\$ 20.405,50
Montaje Banda Dosificadora DB1	Kg.	3.000,00	\$ 1,38	\$ 4.140,00	
Chute Descarga	Kg.	450,00	\$ 4,23	\$ 1.903,50	
Estructura Soporte Banda Dosificadora BD1	Kg.	600,00	\$ 3,13	\$ 1.878,00	
Estructura Plataforma	Kg.	800,00	\$ 3,13	\$ 2.504,00	
Interconexión Estructuras - Plataformas	Kg.	1.200,00	\$ 3,65	\$ 4.380,00	
Montaje Caudalímetro	Un.	1,00	\$ 3.500,00	\$ 3.500,00	
Pasamanos	ml	28,00	\$ 75,00	\$ 2.100,00	

a) Montaje Banda Dosificadora BD2

Este rubro nos presenta el costo del montaje de la Banda Dosificado que va a ser la encargada del despacho de puzolana Seca y molida, esta banda es un equipo con el que cual el cliente contaba por tal motivo solo consta del rubro de Montaje, el costo de este rubro se presenta en la Tabla 37 la cual incluye solo el precio del montaje.

b) Chute Descarga

El chute de descarga se encuentra continuo a la banda para realizar el despacho del material, en la Tabla 37 se presenta un costo por kilogramo el cual incluye los valores de adquisición de materiales, fabricación, transporte y montaje del Chute de Descarga.

c) Estructura Soporte Banda Dosificadora BD1

Este rubro incluye la estructura necesaria para servir de soporte de la Banda Dosificadora, esta estructura es de fabricación local, en la Tabla 37 se presenta un costo por kilogramo el cual incluye adquisición de materiales, fabricación de estructura, transporte de estructuras y montaje del soporte de la banda dosificadora BD2.

d) Estructura Plataforma

La plataforma sirve para dar mantenimiento a la banda, es de fabricación local y es representado por un costo por kilogramo, en la Tabla 37 se presenta un costo el cual incluye los valores de la adquisición de material, fabricación, transporte y montaje de la Estructura de la Plataforma.

e) Interconexión Estructuras – Plataformas

El rubro de Interconexión de estructuras y plataformas de la Tabla 37 hace referencia a la adquisición, fabricación, transporte y montaje de estas estructuras.

f) Montaje Caudalímetro

El rubro del Montaje del Caudalímetro de la Tabla 37 hace referencia al montaje del equipo.

g) Pasamanos

El rubro de pasamanos tiene unidad en metros lineales ideal para este tipo de estructuras ya que nos da una idea clara de los metros que va a cubrir, dentro de la Tabla 37 se presenta un costo por

metros lineales los cuales incluyen los valores de adquisición de materiales, fabricación, transporte y montaje de los pasamanos.

INGENIERÍA

En la Tabla 38 se presentan los costos de la ingeniería de molienda.

TABLA 38

COSTO DE INGENIERÍA DE MOLIENDA

INGENIERÍA	Unidad	Cantidad	PrecioUnit	PrecioTotal	\$ 47,500,00
Ingeniería y Obra Estructural	Un.	1	\$ 12.500,00	\$ 12.500,00	
Project Management	Un.	1	\$ 35.000,00	\$ 35.000,00	

c) Ingeniería y Obra Estructural

Dentro del rubro de Ingeniería y Obra Estructural presentado en la Tabla 38 constan los valores de toma de datos para la correcta realización de planos de fabricación, planos de montaje, planos de detalle, planos As-built y todos los detalles necesarios para la realización de los mismos.

d) Project Management

El rubro de Project Management representado en la Tabla 38 hace referencia a la Gestión de Proyectos la cual se hace cargo del trato tanto

con los proveedores como con el cliente, también se encarga de la gestión de los tiempos, presupuestos, materiales, equipos y todo lo referente al proyecto.

4.2 Determinación del costo de la oferta.

Al momento de obtener los costos de cada uno de los equipos importados y de fabricación local con cada una de sus estructuras aledañas la determinación del costo de la oferta es sencillo. En una tabla unificamos los costos de cada uno de los equipos tanto del proyecto de Secado como el de Molienda de puzolana y le agregamos los porcentajes de Utilidades, Imprevistos, Gastos indirectos e IVA (Impuesto al Valor Agregado) que en el Ecuador es obligación para todo tipo de servicio o trabajos.

Las utilidades son las ganancias de la empresa por la realización del proyecto, en el caso de este proyecto están calculados por el 6% del total de Costo de la Oferta, este porcentaje esta fuera de todo gasto referente del proyecto.

El porcentaje de imprevistos es del 2%, esto se debe calcular en todo proyecto ya que en cualquier tipo de proyecto siempre se encuentran imprevistos, este porcentaje siempre debe de ser bajo ya que para existe

un Project Management (Gestión de Proyectos) que son el grupo de personas encargadas que el proyecto se efectúe de la mejor manera, son las personas responsables que el valor de los imprevistos tiendan a cero por ciento.

El porcentaje de Gastos indirectos hace referencia a los gastos generados por el proyecto por ejemplo:

- Coordinador de Proyecto
- Jefe de taller
- Administrador de Bodega
- Superintendentes
- Residentes
- Emergencias
- Papelería
- Tramites
- Llamadas internacionales y nacionales
- Cafetería
- Transporte a la Ciudad del proyecto
- Depreciación de computadoras
- Mobiliario
- Guardianía

Estos son algunos de los costos que se consideran indirectos, son costos necesarios para la correcta realización del proyecto, pero no se encuentran dentro de los valores de mano de obra de fabricación o montaje.

A continuación se presenta dos tablas las cuales presentan el costo de la oferta de los proyectos:

PROYECTO SECADO DE PUZOLANA Y MOLIENDA DE PUZOLANA

En la Tabla 34 se presenta el costo de la oferta de secado de puzolana, en la Tabla 38 se presentan los costos de la oferta de molienda de puzolana.

TABLA 39

COSTO DE LA OFERTA DE SECADO DE PUZOLANA

SECADOR DE PUZOLANA	COSTOS	TOTAL
BANDA DOSIFICADORA BD1	\$ 166.992,00	
BANDA TRANSPORTADORA BT1	\$ 127.569,50	
SECADOR PUZOLANA + QUEMADOR BUNKER	\$ 986.257,38	
PLANTA DESEMPOLVADO SCHEUCH	\$ 484.991,39	
BANDA TRANSPORTADORA BT2	\$ 54.756,00	
INGENIERÍA	\$ 47.500,00	
SUBTOTAL		\$ 1.868.066,27
UTILIDAD	\$ 112.083,98	
IMPREVISTOS	\$ 37.361,33	
COSTOS INDIRECTOS	\$ 168.125,96	
TOTAL		\$ 2.185.637,54
IVA (IMPUESTO AL VALOR AGREGADO)	\$ 262.276,50	
COSTO DE LA OFERTA		\$ 2.447.914,04

TABLA 40

COSTO DE LA OFERTA DE MOLIENDA DE PUZOLANA

MOLIENDA DE PUZOLANA	COSTOS	TOTAL
ELEVADOR CANGILONES EC1	\$ 241.593,63	
EDIFICIO PREMOLIENDA	\$ 355.764,80	
SISTEMA CLASIFICACION MATERIAL CV1	\$ 164.290,51	
ALMACENAMIENTO DE CLASIFICACION	\$ 13.023,00	
TRITURADORA DE IMPACTO	\$ 625.610,44	
FILTRO DESEMPOLVADO 33.500 M3/H	\$ 136.439,00	
SILO PUZOLANA SECA 200 TON	\$ 126.316,71	
BANDA DOSIFICADORA BD2	\$ 20.405,50	
INGENIERÍA	\$ 47.500,00	
TOTAL		\$ 1.730.943,60
UTILIDAD	\$ 103.856,62	
IMPREVISTOS	\$ 34.618,87	
COSTOS INDIRECTOS	\$ 155.784,92	
COSTO DE OFERTA		\$2.025.204,01
IVA (IMPUESTO AL VALOR AGREGADO)	\$ 243.024,48	
TOTAL		\$2.268.228,49

El subtotal representa la suma de los equipos que corresponden al proyecto y que fueron explicados uno a uno en los literales del Capítulo 4.2, donde se detalla a que corresponde cada uno de estos valores.

Los porcentajes adicionales ya fueron descritos anteriormente, para determinar el COSTO DE LA OFERTA se realiza la suma de estos valores más el Total.

Posteriormente se realiza la suma del Costo con el valor del IVA que debe incluirse en cualquier proyecto ya que es una ley para los Ecuatorianos o extranjeros que realizan trabajos dentro del Ecuador.

El costo total de la oferta para los dos proyectos es de **\$4.716.142,53.**

CAPÍTULO 5

5. . CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En el presente capítulo se presentarán las conclusiones y recomendaciones del proyecto.

Conclusiones

1. En el presente documento se muestra el proceso de Diseño, Selección y Montaje de una Planta de Secado y Molienda de puzolana, el objetivo es mostrar cada paso necesario para la construcción de una planta, aquí se presentan los detalles que se tiene que tener en cuenta al momento de elaborar planos y cotizaciones para un proyecto de este tipo, además de cumplirse con la especificaciones del cliente, esta planta actualmente se encuentra en funcionamiento desde el mes de Abril del 2013, en la ciudad de Azogues en la Provincia de Cañar.

2. El producto de esta planta es una puzolana comercializable con un 4% de humedad y con una granulometría menor de 6 mm, la planta cuenta con una eficiencia del 95 %, por tanto es uno de los principales objetivos, obtener como materia prima puzolana seca que pueda servir para el proceso de fabricación de Cemento.

Recomendaciones

- 1- Para la realización del diseño de la planta de secado y molienda de puzolana, es de vital importancia tener muy claras las necesidades del cliente, ya que si no se tienen en cuenta, no se podrá cumplir con sus expectativas, es recomendable realizar cotizaciones para cada uno de los elementos del proyecto, como los equipos que se deben modificar y los costos que esto conlleva. Al tener todas estas cotizaciones presentes se obtiene un costo real con el cual el cliente podrá saber con certeza el dinero que necesita invertir para la fabricación de la Planta.

- 2- Al momento de realizar el cronograma de montaje de los equipos y estructuras se recomienda tener en cuenta cada uno de los procesos que existen con anterioridad como la fabricación de piezas locales que no vienen incluidas dentro del Packing List del proveedor, ya que esto podría variar el cronograma de montaje de los proyectos. El cronograma debe realizarse estimando los tiempos que se tardan en arribar al país los equipos además del tiempo de desaduanización y transporte al sitio de montaje.

- 3- La comunicación entre el personal encargado de las áreas de diseño, fabricación y montaje es primordial para un proyecto, si se tiene una buena comunicación no se tiene el riesgo de incurrir en paras de cualquiera de las áreas, si esto llega a ocurrir provocaría pérdidas de tiempo y económica en el proyecto, provocado principalmente por los costos de atraso impuestos en el contrato firmado por el cliente. Una manera de comunicación puede originarse en los planos de diseño, fabricación y montaje los cuales deben desarrollarse de manera más detallada posible para que no existan confusiones en los procesos claves del proyecto.

ANEXOS

ANEXO 2

SECADOR

Order Confirmation draft 11862099 dd. 11.11.2011

ALLGAIER
PROCESS TECHNOLOGY

We hereby confirm your purchase order on the basis of the ALLGAIER "General Conditions of Sale, Delivery and Payment 06/2009" and deliver ALLGAIER components and services as follows:

item 1: 1 ALLGAIER Rotary Dryer type MOZER TT 140/13 D GB A SÖ

delivery of basic components, consisting of:

- rotating drum, complete, partially disassembled for container transport, prepared for insulation
- gearbox motor with frequency converter
- roller station size 140, complete
- 3 sets of sealing segments for dryer housings
- set of workshop drawings for local manufacturing of dryer components:
 - inlet housing system, outlet housing system, drive station support
- specification of customer's foundation for dryer

item 2: 1 Hot Gas Generator (residual oil) for TT 140/13 D GB A SÖ

delivery of complete system, consisting of:

- combustion chamber system with special refractory lining
- oil burner system for residual oil, attached to combustion chamber
- primary and secondary air fans
- components for connection to the dryer, support construction
- set of temperature sensors for the control of the dryer heating system

• Heating medium:	Bunker C oil	(according to specification from 10 th Nov. 2011)
• Lower calorific value of oil:	40,55 MJ/kg	(assumption for calculation)
• Wet material feed:	33.880 kg/h	(at initial moisture 15 %)
• Initial moisture:	15 %	(design figure)
• Water evaporation:	3.880 kg/h	(design figure)
• Dry material capacity:	30.000 kg/h	(at final moisture 4 %)
• Final moisture:	4 %	(design figure; average over grain spectrum)
• Hot gas temperature:	700-750 °C	(at dryer inlet)
• Heating capacity:	4.064 kW	(installed burner capacity: 4.900 kW)
• Oil consumption (Bunker C oil):	360 kg/h	
• Dry material temperature:	65-75 °C	(average temperature over grain spectrum)
• exhaust air temperature:	130-150 °C	above acid condensation temperature
• exhaust air volume:	21.200 Nm ³ /h	(at standard conditions)
at sea level:	37.000 m ³ /h	(at 1.000 haPa and 140°C, incl. 15 % reserve)
at 2.800 m:	52.000 m ³ /h	(at 700 haPa and 140°C, incl. 15 % reserve)

ALLGAIER PROCESS TECHNOLOGY GmbH, Sitz Uthingen, Kreissparkasse
Geschäftsführung: Göppingen
Dipl.-Ing. Helmar Aßfalg, Vorsitzender
Dipl.-Kfm. Gerd Plettendorf, Dipl.-Ing. (FH) Klaus Harnt
Registergericht Ulm HRB 722351
USt-IdNr. DE814976028

BLZ 610 500 00
Konto 16067415
SWIFT/BIC GOPSDE6G
IBAN
DE62 6105 0000 0016 0674 15

Baden-Württembergische Bank
Göppingen
BLZ 600 501 01
Konto 2597896
SWIFT/BIC SOLADEST
IBAN
DE87 6005 0101 0002 5978 96

Deutsche Bank AG
Göppingen
BLZ 610 700 78
Konto 17026600
SWIFT/BIC DEUTDE33HAN
IBAN
DE62 6107 0078 0017 0266 00

ALLGAIER
PROCESS TECHNOLOGY

MOGENSEN

GOSAG

MOZER

ALMO

Order Confirmation draft11862099 dd. 11.11.2011

ALLGAIER

PROCESS TECHNOLOGY

Technical data (at rated capacity)

• Material:	Puzzolane	(sample not available and checked at issuing date of this document, medium abrasivity assumed, not sticky and not corrosive assumed)	
• Grain size:	0-32	mm	
• Grain distribution:	0-1	mm	10 %
	1-2	mm	20 %
	2-4	mm	20 %
	4-8	mm	20 %
	8-16	mm	20 %
	16-32	mm	10 %
• Bulk density:	850	kg/h	
• specific heat capacity:	0,88	kJ/(kg*K)	
• Height of location:	2.800	m	above sea level
• Climatic conditions of location:	0-35	°C	ambient temperature range during year
• Mains specification at location:	480 V / 60 Hz		
• Ambient air temperature:	20	°C	(assumption for calculation)
• Wet material temperature:	10	°C	(assumption for calculation)

- switchcabinet for the hot gas generator, complete
- oil pump system for burner, oil preheater and pressure regulator for burner
- specification of customer's foundation for hot gas generator
- specification for customer's oil storage, heating, pumping and ring pipe system
- specification of customer's gas storage system for burner's ignition system

Item 3: Specification and recommendations for customer's dedusting system

delivery of basic engineering, consisting of:

- basic data of airflow, dew point, temperatures, pressures
- PI-diagram for filter system for a dryer, incl. volume flow regulation
- recommendations for filter size, filter design, filter materials

Item 4: Transport FOB North Sea Port and CIF Guayaquil (in 40'-OT containers)

Total price for MOLEMOTOR: EUR 437.700,--

ALLGAIER PROCESS TECHNOLOGY GmbH, Sitz Uhingen
 Geschäftsführung:
 Dipl.-Ing. Helmar Allgaier, Vorsitzender
 Dipl.-Kfm. Gerd Pleitendorf, Dipl.-Ing. (FH) Klaus Hardt
 Registergericht Ulm HRB 722351
 USt-IdNr. DE814976028

Kreissparkasse
 Göppingen
 BLZ 610 500 00
 Konto 16067415
 SWIFT/BIC GOSDE66
 IBAN
 DE82 6105 0000 0016 0674 15

Baden-Württembergische Bank
 Göppingen
 BLZ 600 501 01
 Konto 2597896
 SWIFT/BIC SOLADEST
 IBAN
 DE87 8005 0101 0002 5978 96

Deutsche Bank AG
 Göppingen
 BLZ 610 700 78
 Konto 17026600
 SWIFT/BIC DEUTDE33
 IBAN
 DE82 6107 0078 0017 0266 00

ALLGAIER
 PROCESS TECHNOLOGY

MOGENSEN

GOSAG

JMOZEJZ

ALMC

ANEXO 3

FILTRO DEL SECADOR

Order No. 138861 / Dedusting for rotary dryer 3...
MCI FMOTOR S.A. Km 11 1/2 via a Daule. Parque I...



Price Table

1.	1 pcs Dedusting plant for dryer - 52.000 Am ³ /h	15.515 kg	161.125,00 EUR
1.1.	1 pcs Scheuch impulsefilter	9.925 kg	87.380,00 EUR
1.2.	1 pcs SCHEUCH Screw Conveyor	380 kg	3.985,00 EUR
1.3.	1 pcs Maintenance Platform for Filter	762 kg	4.350,00 EUR
1.4.	1 pcs Filter support structure	1.915 kg	7.454,00 EUR
1.5.	1 pcs SCHEUCH Rotary Valve	112 kg	2.378,00 EUR
1.6.	1 pcs SCHEUCH Radial Fan	2.032 kg	17.670,00 EUR
1.7.	1 pcs Emergency fresh air cooling system	40 kg	2.880,00 EUR
1.8.	1 pcs Overall control system	350 kg	31.198,00 EUR
1.9.	1 pcs Support for arrangement planning		3.830,00 EUR
2.	1 set Option:Cassette insulation for filterhead - System F	652 kg	3.957,00 EUR
3.	1 pcs Option: Exhaust air silencer	528 kg	2.399,00 EUR
4.	Option: Seeworthy packing in rental HC Box-container		10.824,00 EUR
5.	Option:Providing of containers and FOB - North Sea Harbor		10.494,00 EUR
6.	Option: Seafreight CIF - Guayaquil		14.675,00 EUR
7.	Option: Lump-sum for journey - Commissioning Engineer		6.935,00 EUR
8.	Option: Lump-sum for journey - Erection Supervisor		6.600,00 EUR
9.	Option: Daily rate for a Scheuch Commissioning Engineer		3.360,00 EUR
10.	Option: Daily rate for a Scheuch Erection Supervisor		3.150,00 EUR
Total		16.696 kg	223.519,00 EUR

ANEXO 4

ELEVADOR DE CANGUILONES AUMUND

Page 10 of the letter dated October 20, 2011



Summary - Weights and Prices

Our Item	Qty.	Description	Import Weight Kg	Price €	Local fabric. Weight Kg
1.0	1	BW-Z 560/320/4/4, C.C. = 27 m	9,050	64,760.-	10,020
1.1	1	Drive Unit	1,310	14,600.-	
1.2	1	Maintenance Platform		2,260.-	5,930
Total Ex-Works Rheinberg:			13,230	114,430.-	23,070
Additional FOB north sea port:				4,380.-	
Total FOB north sea port:			13,230	118,810.-	23,070
Additional CIF Guayaquil Port:				2,900.-	
Total CIF Guayaquil Port:			13,230	121,710.-	23,070

COMMERCIAL CONDITIONS

Terms of Delivery

The quoted price is to be understood CIF Guayaquil port, in accordance with INCOTERMS 2010.

Any taxes, duties, fees or other charges that might be levied outside of Germany for the supplies and services offered are not included in our prices.

Packing

Sea-worthy packing at our discretion, either in wooden export crates or in shippers own containers that become the property of the buyer.

Price Basis

The quoted prices are firm prices for an order placed by the indicated validity date and a delivery by 2012.

ANEXO 5

CRIBA VIBRATORIA

 <b style="font-size: 1.2em;">GOSAG <small>GOSAG, S.A. UNIPERSONAL GRUPO ALLGAIER</small>	<small>NºRef: 030228 Lunes, 31 de Octubre de 2011 Página 2 de 4</small>						
PRECIOS Y ALCANCE DE SUMINISTRO:							
Pos.	Uds.	Descripción	KW	€/Ud.	Total€		
1.1	1	Criba Mogensen de nuestro modelo E-1016 C2, totalmente equipada y compuesta por: <ul style="list-style-type: none"> 1 chasis con soporte de vibrador 1 vibrador 480 V.60 Hz. 1 conjunto de muelles de apoyo 1 telas en acero de resorte o inoxidable 1 tensores Carenado especial contra el polvo para la criba compuesto por: <ul style="list-style-type: none"> 2 salidas 1 juego de perfiles, gomas y tapas para dotar de estanqueidad a la criba. Bocas de salida engomadas Nota: precio unitario antes de descuentos: 16.210€, descuentos aplicados 20% más 5% precio CIF añade un 8%	1,8	13.300,-	13.300,-		
1.2		Soporte para criba en acero al carbono, para su transporte y posterior montaje Nota: precio unitario antes de descuentos: 1.060€, descuentos aplicados 20% más 5% precio CIF añade un 8%nsporte y posterior montaje		870,-	870,-		
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; border: none; vertical-align: top;"> <small> domicilio Social: C/ Tállez, 24. Oficina 4 A 28007 Madrid CIF A26173465 </small> </td> <td style="width: 50%; border: none; vertical-align: top; text-align: right;"> <small> Sociedad inscrita en el R.M. de Madrid Tomo 2.114. General 1.493. Folio 75 Hoja 12.285. Inscripción 1ª </small> </td> </tr> </table>						<small> domicilio Social: C/ Tállez, 24. Oficina 4 A 28007 Madrid CIF A26173465 </small>	<small> Sociedad inscrita en el R.M. de Madrid Tomo 2.114. General 1.493. Folio 75 Hoja 12.285. Inscripción 1ª </small>
<small> domicilio Social: C/ Tállez, 24. Oficina 4 A 28007 Madrid CIF A26173465 </small>	<small> Sociedad inscrita en el R.M. de Madrid Tomo 2.114. General 1.493. Folio 75 Hoja 12.285. Inscripción 1ª </small>						
							

ANEXO 6

TRITURADORA DE IMPACTO



10. VALOR DE LA INVERSIÓN

10.1 Cuadro de Precios

Descripción	Valor en Euros
Mag Impact 2.100 incluyendo auxiliares y servicio de acuerdo con el § 2, 3, 6 y 8	
VALOR TOTAL EN CONDICIÓN FOB PUERTO DE AMBERES – BÉLGICA	198.350,00

10.2 Condiciones de Pago:

Por medio de una Carta de crédito confirmada e irrevocable, abierta a favor de Magotteaux Andino S.A. y la forma de pago de acuerdo a lo siguiente:

- ✓ 40% en la apertura de L/C,
- ✓ 20% a la mitad del tiempo de entrega de los bienes en condición EXW.
- ✓ 20% en la entrega de los bienes en condición EXW

10.3 Plazo de entrega:

12 semanas en condición EXW nuestra planta tras la recepción del pago inicial y aclaración de los detalles técnicos y comerciales.

10.4 Condiciones Generales:

Nuestros suministros se realizan de acuerdo con las condiciones generales S2000 Orgalime en anexo.

Magotteaux S.A. se reserva el derecho a modificar las características técnicas, accesorios y equipos sin previo aviso.

10.5 Validez de la propuesta:

Nuestra oferta tiene validez 1 mes después de la presentación.

MAGOTTEAUX ANDINO S.A.

Rosal 331 Of. 61
Santiago - Chile

TEL.: (56 2) 632.9642
FAX: (56 2) 633.5725
e-mail: reinako.pockrandt@magotteaux.com
http: www.magotteaux.com

7

ANEXO 7

VALVULA ROTATORIA VR1



Offer
No.: 430009 revA

October 20th, 2011

Customer Information:	General Information:
Name: Molemotor	Incoterm 2010: FCA/CIF
Address: Km 11.5 Via a Daule Parque Industrial El Sauce Mz.22 S.15 –16 Guayaquil, Ecuador	Country of Origin: USA
Tel: +593 4 2103843	Delivery Time: 20 weeks
Fax:	Currency: USD
Email: juan.coello@molemotor.com	Est. Weight: 4,900lbs
Attn: Juan Coello	Est. Volume: TBD

Pos.	Description	Qty	Deliv. Date	Unit Price	Total
10	Make: WMW Meyer and Sons 26X26 HDX Rotary Airlock Feeder Estimated weight: 2,800 lbs FCA Libertyville, Illinois	1	15 weeks after PO	40,805.00	40,805.00
20	Optional for 26X26 HDX Rotary Airlock Feeder Grind rotor pocket welds smooth FCA Libertyville, Illinois	1	15 weeks after PO	1,257.00	1,257.00
30	Make: WMW Meyer and Sons 22X22 HDX Rotary Airlock Feeder Estimated weight: 2,100 lbs FCA Libertyville, Illinois	1	15 weeks after PO	22,127.00	22,127.00
40	Optional for 22X22 HDX Rotary Airlock: Grind rotor pocket welds smooth FCA Libertyville, Illinois	1	15 weeks after PO	1,154.00	1,154.00
50	Logistics Costs CIF Guayaquil (Estimated)	1	5 weeks after FCA delivery	4,288.00	4,288.00
Total USD					69,631.00
Payment terms: 60% PREPAYMENT 40% AGAINST DELIVERY FCA					

Offer valid for 15 days
Subject to pHUB Terms and Conditions

ANEXO 8. PRESIÓN DINÁMICA PARA DIFERENTES VELOCIDADES.

VELOCITY PRESSURES FOR DIFFERENT VELOCITIES - STANDARD AIR											
FROM: $V = 4005 \sqrt{VP}$						V = VELOCITY FPM VP = VELOCITY PRESSURE, INCHES OF WATER					
VP	V	VP	V	VP	V	VP	V	VP	V	VP	V
0.01	400	0.52	2886	1.03	4064	1.54	4970	2.05	5734	3.10	7051
0.02	556	0.53	2916	1.04	4084	1.55	4986	2.06	5748	3.20	7164
0.03	694	0.54	2943	1.05	4103	1.56	5002	2.07	5762	3.30	7275
0.04	801	0.55	2970	1.06	4123	1.57	5018	2.08	5776	3.40	7385
0.05	896	0.56	2997	1.07	4142	1.58	5034	2.09	5790	3.50	7492
0.06	981	0.57	3024	1.08	4162	1.59	5050	2.10	5804	3.60	7599
0.07	1060	0.58	3050	1.09	4181	1.60	5066	2.11	5817	3.70	7704
0.08	1133	0.59	3076	1.10	4200	1.61	5082	2.12	5831	3.80	7807
0.09	1201	0.60	3102	1.11	4219	1.62	5098	2.13	5845	3.90	7909
0.10	1266	0.61	3127	1.12	4238	1.63	5114	2.14	5859	4.00	8010
0.11	1328	0.62	3153	1.13	4257	1.64	5129	2.15	5872	4.10	8109
0.12	1387	0.63	3179	1.14	4276	1.65	5144	2.16	5886	4.20	8208
0.13	1444	0.64	3204	1.15	4295	1.66	5160	2.17	5899	4.30	8305
0.14	1498	0.65	3229	1.16	4314	1.67	5175	2.18	5913	4.40	8401
0.15	1551	0.66	3254	1.17	4332	1.68	5191	2.19	5927	4.50	8496
0.16	1602	0.67	3279	1.18	4350	1.69	5206	2.20	5940	4.60	8590
0.17	1651	0.68	3303	1.19	4368	1.70	5222	2.21	5954	4.70	8683
0.18	1699	0.69	3327	1.20	4386	1.71	5237	2.22	5967	4.80	8774
0.19	1746	0.70	3351	1.21	4405	1.72	5253	2.23	5981	4.90	8865
0.20	1791	0.71	3375	1.22	4423	1.73	5268	2.24	5994	5.00	8955
0.21	1835	0.72	3398	1.23	4442	1.74	5283	2.25	6008	5.10	9044
0.22	1879	0.73	3422	1.24	4460	1.75	5298	2.26	6021	5.20	9133
0.23	1921	0.74	3445	1.25	4478	1.76	5313	2.27	6034	5.30	9220
0.24	1962	0.75	3468	1.26	4495	1.77	5328	2.28	6047	5.40	9307
0.25	2003	0.76	3491	1.27	4513	1.78	5343	2.29	6061	5.50	9392
0.26	2042	0.77	3514	1.28	4531	1.79	5359	2.30	6074	5.60	9477
0.27	2081	0.78	3537	1.29	4549	1.80	5374	2.31	6087	5.70	9562
0.28	2119	0.79	3560	1.30	4566	1.81	5388	2.32	6100	5.80	9645
0.29	2157	0.80	3582	1.31	4583	1.82	5403	2.33	6113	5.90	9728
0.30	2193	0.81	3604	1.32	4601	1.83	5418	2.34	6128	6.00	9810
0.31	2230	0.82	3625	1.33	4619	1.84	5433	2.35	6140	6.10	9891
0.32	2260	0.83	3657	1.34	4636	1.85	5447	2.36	6153	6.20	9972
0.33	2301	0.84	3669	1.35	4653	1.86	5462	2.37	6166	6.30	10052
0.34	2335	0.85	3690	1.36	4671	1.87	5477	2.38	6179	6.40	10132
0.35	2369	0.86	3709	1.37	4688	1.88	5491	2.39	6192	6.50	10210
0.36	2403	0.87	3729	1.38	4705	1.89	5506	2.40	6205	6.60	10289
0.37	2436	0.88	3758	1.39	4722	1.90	5521	2.41	6217	6.70	10366
0.38	2469	0.89	3779	1.40	4739	1.91	5535	2.42	6230	6.80	10444
0.39	2501	0.90	3800	1.41	4756	1.92	5550	2.43	6243	6.90	10520
0.40	2533	0.91	3821	1.42	4773	1.93	5564	2.44	6256	7.00	10596
0.41	2563	0.92	3842	1.43	4790	1.94	5579	2.45	6269	7.50	10968
0.42	2595	0.93	3863	1.44	4806	1.95	5593	2.46	6282	8.00	11328
0.43	2626	0.94	3884	1.45	4823	1.96	5608	2.47	6294	8.50	11676
0.44	2656	0.95	3904	1.46	4840	1.97	5623	2.48	6307	9.00	12015
0.45	2687	0.96	3924	1.47	4856	1.98	5637	2.49	6320	9.50	12344
0.46	2716	0.97	3945	1.48	4873	1.99	5651	2.50	6332	10.00	12665
0.47	2746	0.98	3965	1.49	4889	2.00	5664	2.60	6458	11.00	13283
0.48	2775	0.99	3985	1.50	4905	2.01	5678	2.70	6581	12.00	13874
0.49	2804	1.00	4005	1.51	4921	2.02	5692	2.80	6702	13.00	14440
0.50	2832	1.01	4025	1.52	4938	2.03	5706	2.90	6820	13.61	14775
0.51	2860	1.02	4045	1.53	4954	2.04	5720	3.00	6937	14.00	14986

ANEXO 9.

CANTIDAD DE AIRE A DESEMPOLVAR.

TABLA 1. CANTIDAD DE AIRE A DESEMPOLVAR SEGÚN EL EQUIPO DE ACUERDO AL HOLCIM DESIGN CRITERIA⁷³

Equipo	Tam. (mm)	m ³ /h	Recomendaciones
Alimentador Vibratorio	600	900	
	800	1'500	
	1'000	2'400	
	1'200	3'600	
Bomba de Aire Comp.		60	Por t } Por t } 1.5 veces de volumen Por t } de aire comprimido Por t }
Bomba		50	
Recipiente de Presión		40	
Buhler		30	
Recipiente de Almacenamiento	Grande > 100 t/h	1'000	Alimentación Mecanica
	Pequeño a 100 t/h	500	Alimentación Mecanica
Almacenamiento Clinker		12 - 20'000	Silo Cilindrico
		40 - 60'000	Silo Circular (Cúpula Clinker)
Trituradora de Rodillo	to 50 t/h	36	Por t
	50 - 100 t/h	60	Por t
Trituradora de Mandíbula	to 100 t/h	60	Por t
	100 - 400 t/h	45	Por t
	400 - 700 t/h	30	Por t
Trit. de Martillo	to 100 t/h	120	Por t
Trituradora de Impacto	to 100 t/h	90	Por t
	to 300 t/h	60	Por t
	> 300 t/h	40	Por t
Trituradora Giratoria o Trituradora de Cono	to 100 t/h	60	Por t
	100 - 400 t/h	45	Por t
	400 - 700 t/h	30	Por t
Maquina de Embalaje		8'000	8-Empacador de Boquilla Rotativa
		6'000	6-Empacador de Boquilla Rotativa
		300	Alimentador
		2'500	Por linea de envasadora de embudo
		1'500	Giro de Pantalla 1 x 2.5m para llevar Cinta Transportadora la bolsa de Unidad de Limpieza
		2'000	
		2'500	
Carga Movil		5'000	Aire 400 mm Tornillo 1630/1800 Tolvas Moviles Dobles Articulado
		5'000	
		1'500	
		4'000	
Carga de Cabeza		900	Cement 300 m ³ /h
		1'500	Cement 600 m ³ /h
		12'000	Clinker 300 m ³ /h
Cisterna de Vehiculos		540 - 660	Ruta 60 t/h at 2.5 bar
		660	Tren 60 t/h at 2.5 bar

⁷³ FUENTE: Holcim Design Criteria; Holcim Group Support; Fabric Dust Collection; p. B1/31.

ANEXO 10.

COEFICIENTES DE PÉRDIDAS EN CAMPANAS COLECTORAS.

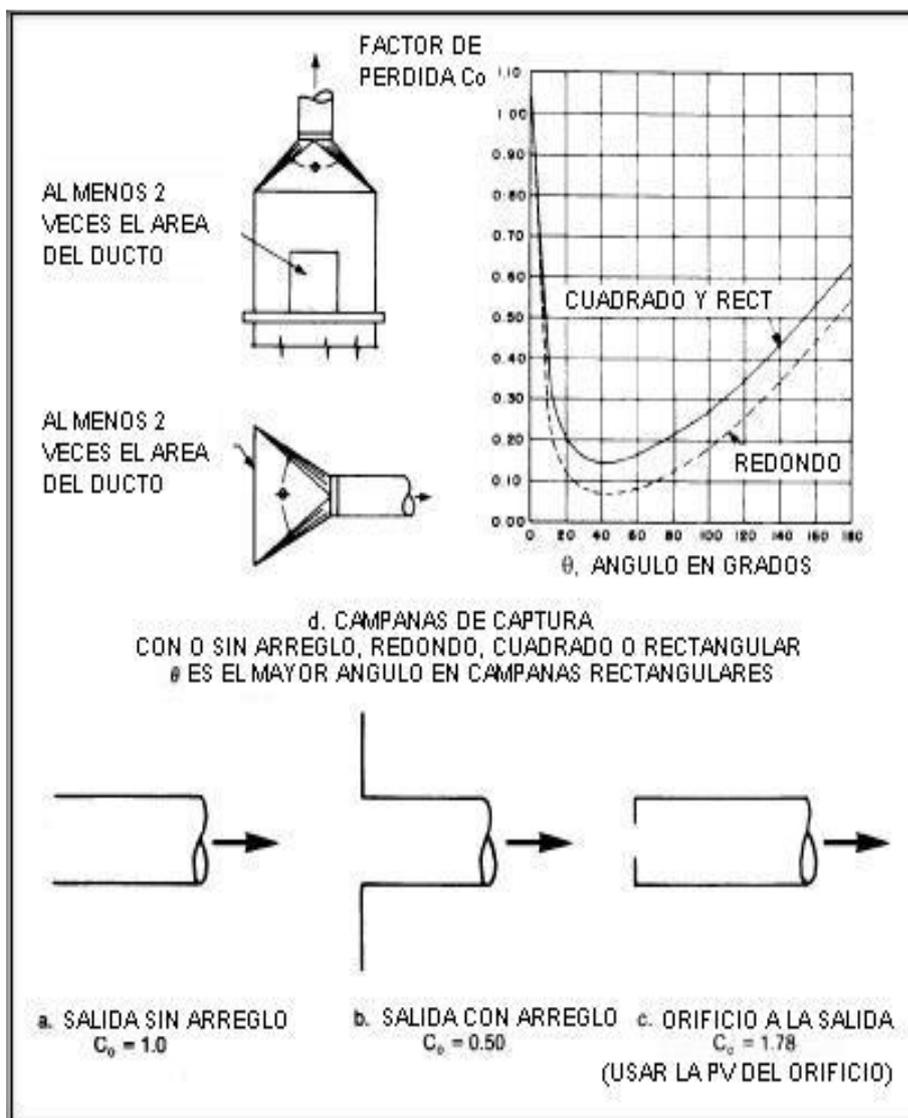


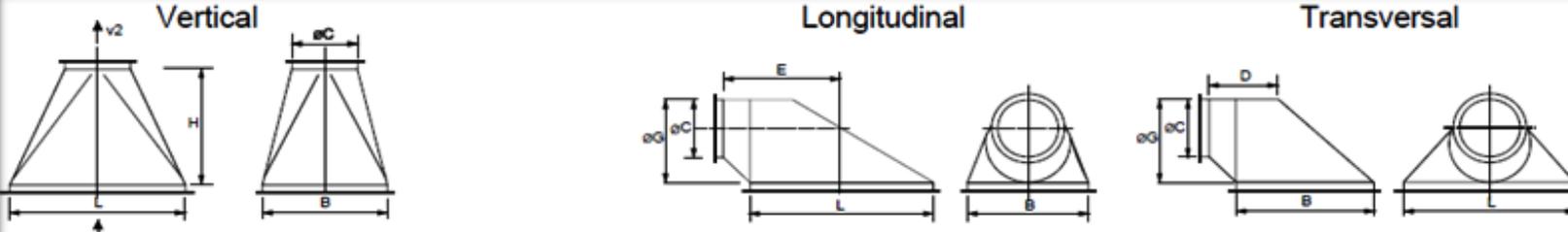
FIGURA 1. FACTOR DE PERDIDA EN CAMPANAS⁷⁴

⁷⁴ FUENTE: Arias, Juan, *Análisis al Sistema de Desempolvado del Área de Trituración de Caliza en la Planta Cerro Blanco de Holcim Ecuador S.A.* Espol Facultad De Ingeniería Mecánica Y Ciencias De La Producción, Guayaquil, 2006

TABLA 1. RANGO DE VELOCIDADES DE CAPTURA⁷⁵

RANGO DE VELOCIDADES DE CAPTURA		
CONDICION DE LA DISPERSIÓN DEL CONTAMINANTE	APLICACIÓN	VELOCIDAD DE CAPTURA (m/s)
Sueltas sin velocidad en el aire	Evaporación de tanques	0.25 a 0.5
Sueltas con velocidad baja del aire	Transportadores de baja velocidad	0.5 a 1.0
Generación activa dentro de la zona de generación	Chutes de carga/descarga de transportadores, trituradoras	1.0 a 2.5
Alta velocidad dentro de la zona	Molienda, sandblasting	2.5 a 10

⁷⁵ **FUENTE:** Arias, Juan, *Análisis al Sistema de Desempolvado del Área de Trituración de Caliza en la Planta Cerro Blanco de Holcim Ecuador S.A.* Espol Facultad De Ingeniería Mecánica Y Ciencias De La Producción, Guayaquil, 2006

TABLA 2. DISEÑO DE CAMPANAS DE CAPTURA⁷⁶


Air Quantity		v1	v2	L	B	H	Ø C		Ø G	L	B	E	D
m ³ /h	m ³ /min	ms-1	ms-1	mm	mm	mm	mm		mm	mm	mm	mm	mm
250	4.2	1.40	18.0	260	190	165	70.0	*	97	260	190	157.0	122.0
500	8.3	1.40	17.5	370	270	235	100.5	*	143	370	270	227.0	177.5
750	12.5	1.40	17.0	450	330	280	125.0	*	178	450	330	278.0	218.0
1000	16.6	1.40	17.2	520	380	325	143.5	*	207	520	380	323.5	253.5
1250	20.8	1.40	17.7	580	425	365	158.0		233	580	425	365.0	287.5
1500	25.0	1.44	17.9	630	460	400	172.0		253	630	460	396.0	311.0
1750	29.2	1.43	17.9	680	500	430	186.0		276	680	500	430.0	340.0
2000	33.3	1.39	17.9	740	540	470	198.0		299	740	540	471.0	371.0
2500	41.6	1.41	18.0	820	600	520	222.0		334	820	600	522.0	412.0
3000	50.0	1.40	17.9	900	660	570	244.0		368	900	660	574.0	454.0
3500	58.3	1.44	17.8	960	700	610	262.0		391	960	700	609.0	479.0
4000	66.6	1.40	18.0	1040	760	660	280.0		426	1040	760	666.0	526.0
4500	75.0	1.42	17.9	1100	800	700	298.0		449	1100	800	701.0	557.0
5000	83.3	1.42	17.9	1150	850	740	314.0		475	1150	850	739.0	589.0
6000	100.0	1.42	17.9	1260	930	800	344.0		524	1260	930	810.0	645.0

*Commercial Pipes and Bends
 Sheet Thickness for Suction Hoods and Ducts: 3-4mm
 Intake Velocity at Hoods according to Above Table: $V_1 = \sim 1.4\text{m/s}$
 Air Velocity in Dedusting Duct : $V_2 = > 18\text{m/s}$

⁷⁶ FUENTE: Holcim Design Criteria; Holcim Group Support; Fabric Dust Collection; p. B1/35.

ANEXO 11.

TABLAS PARA CÁLCULOS DE PÉRDIDAS EN CONDUCTOS.

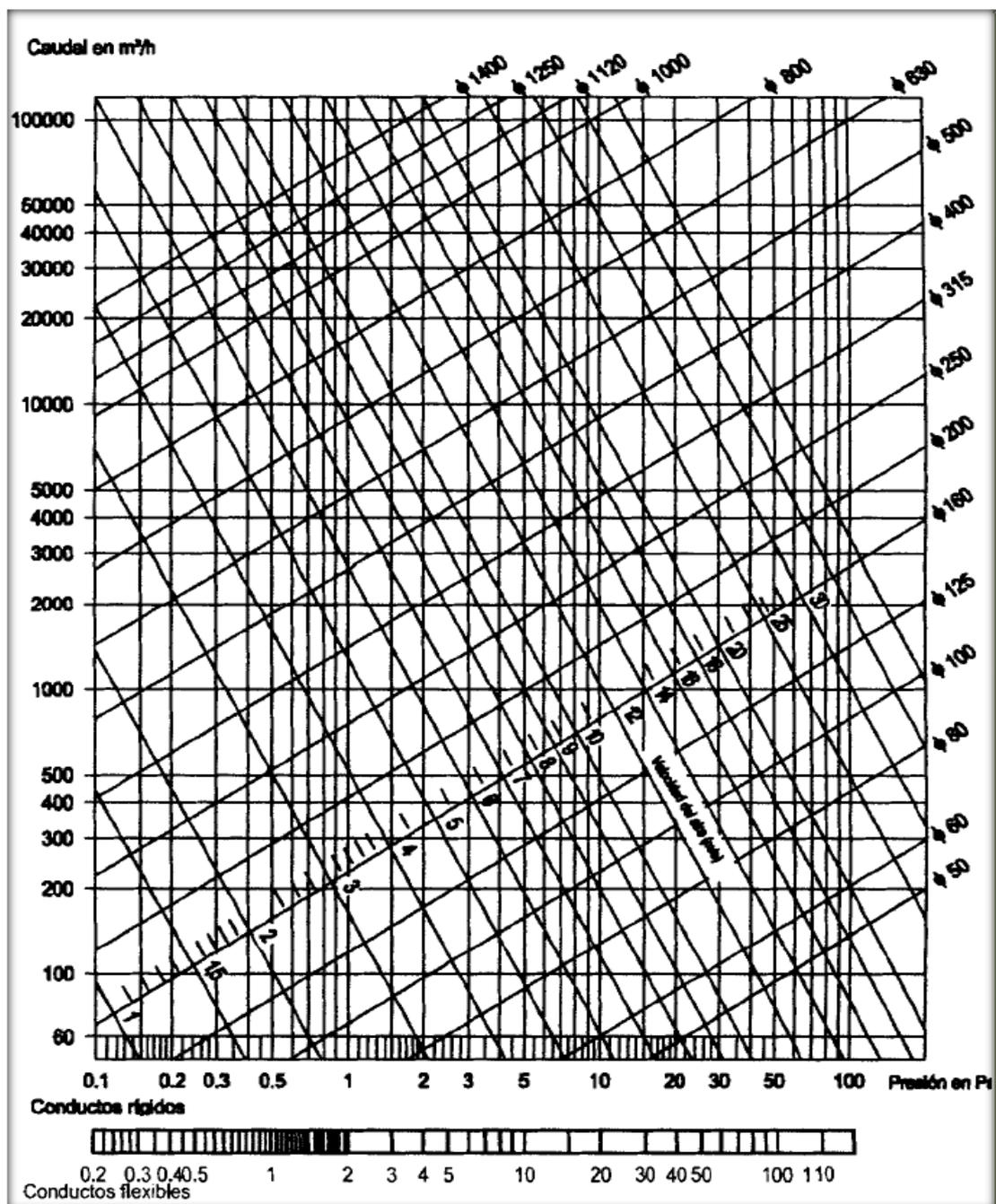


FIGURA 1. PÉRDIDA DE CARGA EN CONDUCTOS CIRCULARES.

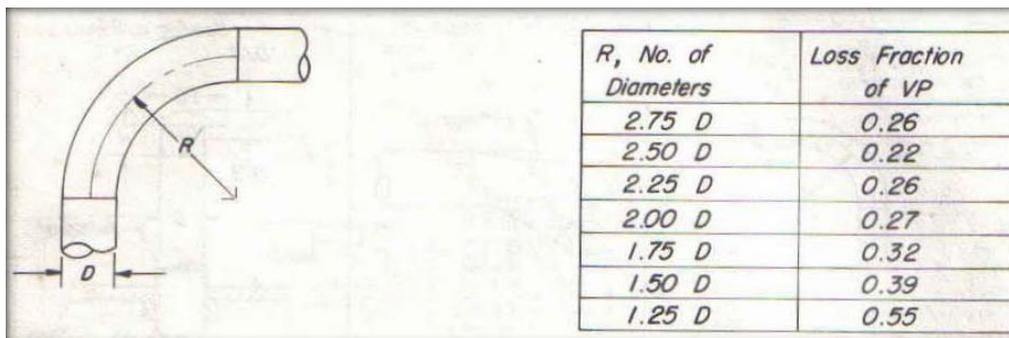


FIGURA 2. FACTOR DE PÉRDIDAS EN CODOS.

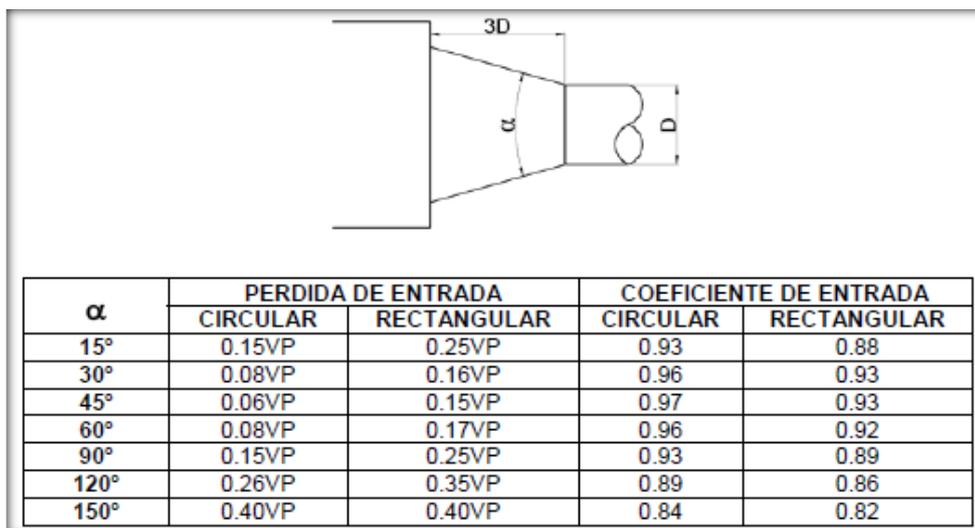


FIGURA 3. FACTOR DE PÉRDIDAS PARA REDUCCIONES.



FIGURA 4. FACTOR PARA Y (PANTALÓN)

ANEXO 12. TABLA DE TEJIDOS

TABLA 1. PROPIEDADES DE RESISTENCIA EN MATERIALES DE TEJIDOS

TEJIDO	TEMPERATURA °F	RESISTENCIA ACIDA	RESISTENCIA ALCALINA	ABRASIÓN FLEXIBLE
Algodón	180	Pobre	Muy bueno	Muy bueno
Dacrón (polyester)	275	Buena con minerales ácidos	Bueno; regular en alcalinidad fuerte	Muy bueno
Fiberglas	500	Mas o menos a bueno	Regular a bueno	Regular
Nextel	1400	Muy bueno	Bueno	Bueno
Nomex	375	Regular	Excelente a baja temp.	Excelente
Nylon	200	Regular	excelente	Excelente
Orlon	260	Bueno a excelente	Regular a bueno en baja alcalinidad	Bueno
P84*	475	Bueno	Bueno	Bueno
Polipropileno	200	Excelente	Excelente	Excelente
Ryton	375	Excelente	Excelente	Bueno
Teflon	450	Inerte excepto para fluor	Inerte excepto para trifluoruro, cloruro y metales alcalinos	Regular
Lana	200	Muy bueno	Pobre	Regular a bueno

ANEXO 13.

POSICIONES DE LOS VENTILADORES.

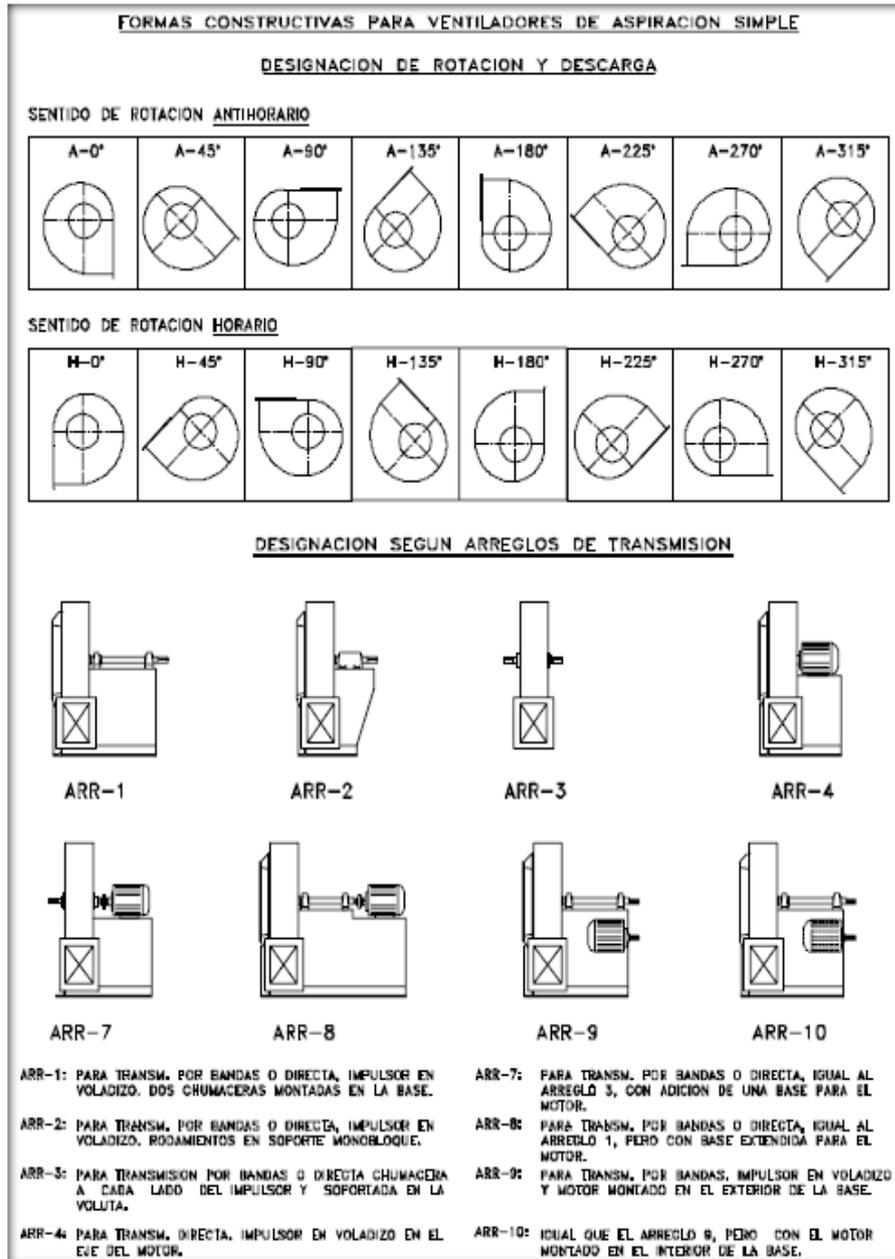


FIGURA 1. POSICIONES DE LAS VOLUTAS DE LOS VENTILADORES

PLANOS

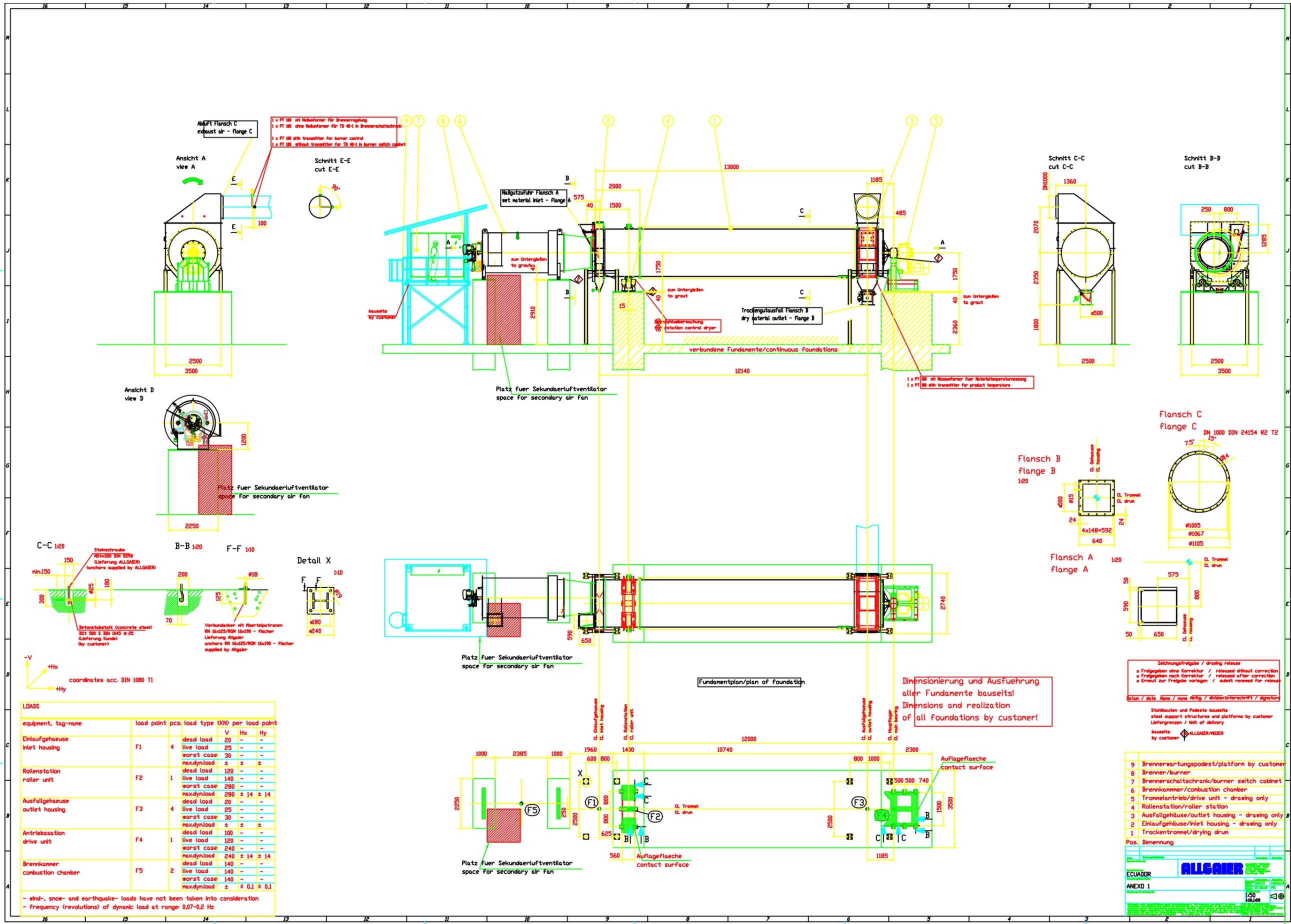
BIBLIOGRAFÍA

- 1) FRITZ-KEIL. "Cemento, Fabricación, Propiedades, Aplicaciones". Editores Técnicos Asociados. España. 1973.
- 2) Guamán Adriana, Piña Favio; Diseño de un sistema de secado de puzolana para la Empresa Industrias Guapan S.A. Ingeniería Mecánica Universidad Politécnica Salesiana Cuenca, 2007
- 3) Concurso Público de Bienes y Servicios, Proyecto de instalación de un sistema para secado de puzolana para Compañía Industrias Guapán S.A, 2012.
- 4) Condiciones climáticas de la Ciudad de Azogues.
- 5) MARSHALL, HEATING, PIPING, "Air Conditioning", 18, 71 (946)
- 6) Santillán Paulo, "IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA MODELO DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL EN EL ÁREA DE MOLIENDA ALLIS CHALMERS DE LA EMPRESA CEMENTO CHIMBORAZO" Escuela Superior Politécnica de Chimborazo ESPOCH, Facultad de Mecánica Escuela de Ingeniería de Mantenimiento, 2011.
- 7) Plano enviado por el proveedor, Plano A
- 8) Cotización enviada por el PFISTER.
- 9) Cotización enviada por SCHENCK PROCESS.
- 10) Cotización enviada por SCHEUCH.

- 11) Cotización enviada por AUMUND.
- 12) <https://www.oas.org/dsd/publications/Unit/oea32s/ch41.htm>
- 13) CECALA, Andrew B. Dust Control Handbook for Industrial Minerals Mining and Processing; Center for Disease Control and Prevention National Institute for Occupational Safety and Health Office of Mine Safety and Health Research; Spokane WA; 2012.
- 14) DUST CONTROL HANDBOOK FOR INDUSTRIAL MINERALS MINING AND PROCESSING; Center for Disease Control and Prevention National Institute for Occupational Safety and Health Office of Mine Safety and Health Research; Andrew B. Cecala; Spokane WA; 2012.
- 15) Holcim Design Criteria; Holcim Group Support; Fabric Dust Collection.
- 16) Arias, Juan, Análisis al Sistema de Desempolvado del Área de Trituración de Caliza en la Planta Cerro Blanco de Holcim Ecuador S.A. Espol Facultad De Ingeniería Mecánica Y Ciencias De La Producción, Guayaquil, 2006
- 17) GE, Principios Básicos de Ventiladores GE Energy.
- 18) BHA, Guía de Referencias y Soluciones de Problemas, 1998.
- 19) DallaValle JM [1932]. Velocity characteristics of hoods under suction.
- 20) BUCHELLI, Luis, Diseño Fluidodinámico de un Sistema de Extracción de Polvo en un Ingenio Azucarero, Tesis Espol Facultad De Ingeniería En Mecánica Y Ciencias De La Producción, Guayaquil, 2006.

- 21)GE, Principios Básicos para Diseño de Ducterías GE Energy.
- 22)GE, Diseño Básico de Colectores Pulse-Jet GE Energy.
- 23)GARCÍA, David, Equipo para el transporte de materiales de la industria azucarera, transportadores y bomba, Unidad de producción del EMAV, Cuba, 1987.
- 24)www.inagromecanica.com
- 25)www.colectoresdepolvo.com
- 26)DENNIS Y KLEMM (1979:) Propusieron la ecuación semiempírica para la eficiencia total en función del tiempo de operación entre los ciclos de limpieza.
- 27)ALLGAIER, www.allgaier.de/Rotarydryer
- 28)Magotteaux, fabricante belga de trituradora de impacto. Catálogo de equipos.
- 29)Scheuch, fabricante austriaco de plantas de desempolvado y sistema de tratamiento de aire. Catálogo de equipos.
- 30)www.diariocomex.cl/16743/identifique-valores-cif-fob-transacciones-comerciales
- 31)ALEMAN, Francisco. Análisis y Evolución de los Costos de los Principales Insumos del Sector de la Construcción en el Ecuador en el Período 2004 –2011; Ecuador; 2012
- 32)Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria, Norma de Calidad del Aire Ambiente, Libro VI Anexo 4, Ecuador, 2003

- 33) DURAN, José Antonio, *El Financiera*, Editorial Arroyo, México 2009
- 34) *Fabric Dust Collector Systems*, HOLCIM-ECUADOR.
- 35) GARCÍA, DAVID, *Equipo para el transporte de materiales de la industria azucarera, transportadores y bomba*, Unidad de producción del EMAV, Cuba, 1987
- 36) KOHLHAAS, B. and 16 other authors, *Cement Engineers' Handbook*, Fourth English edition Bauverlag 1983



1 x PT 100 mit Nebenfurter für Brennerreglung
 1 x PT 100 ohne Nebenfurter für TB 40-1 in Brennerschaltkasten
 1 x PT 100 mit Transmitter für brenner control
 1 x PT 100 without transmitter for TB 40-1 in burner switch cabinet

Abluft Flansch C
 exhaust air - flange C

Ansicht A
 view A

Schnitt E-E
 cut E-E

Naßgutzufluhr Flansch A
 wet material inlet - flange A

Trockengutausfall Flansch B
 dry material outlet - flange B

Schnitt C-C
 cut C-C

Schnitt B-B
 cut B-B

Ansicht D
 view D

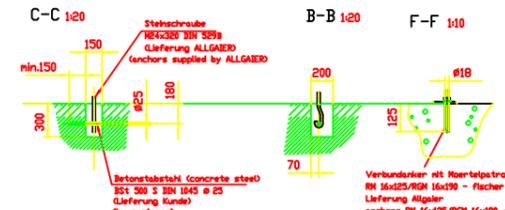
Platz fuer Sekundarluftventilator
 space for secondary air fan

Platz fuer Sekundarluftventilator
 space for secondary air fan

Flansch B
 flange B
 120

Flansch C
 flange C
 DN 1000 DIN 24154 R2 T2

Flansch A
 flange A
 120



Detail X
 1:10

coordinates acc. DIN 1080 T1

Fundamentplan/plan of foundation

Dimensionierung und Ausfuehrung
 aller Fundamente bauseits!
 Dimensions and realization
 of all foundations by customer!

Zeichnungsfreigabe / drawing release
 a Freigegeben ohne Korrektur / released without correction
 a Freigegeben nach Korrektur / released after correction
 a Erneut zur Freigabe vorliegen / submit resub for release

Stahlbauten und Podeste bauseits
 steel support structures and platforms by customer
 Liefergrenzen / limit of delivery
 bauseits by customer

LOADS				
equipment, tag-name	load point	pcs.	load type (kN)	per load point
				V Hx Hy
Einlaufgehäuse inlet housing	F1	4	dead load	20 - -
			live load	25 - -
			worst case	30 - -
			max.dyn.load	± ± ±
Rollenstation roller unit	F2	1	dead load	120 - -
			live load	140 - -
			worst case	280 - -
			max.dyn.load	280 ± 14 ± 14
Ausfallgehäuse outlet housing	F3	4	dead load	20 - -
			live load	25 - -
			worst case	30 - -
			max.dyn.load	± ± ±
Antriebsstation drive unit	F4	1	dead load	100 - -
			live load	120 - -
			worst case	240 - -
			max.dyn.load	240 ± 14 ± 14
Brennkammer combustion chamber	F5	2	dead load	140 - -
			live load	140 - -
			worst case	140 - -
			max.dyn.load	± ± ± 0,1 ± 0,1

- wind-, snow- and earthquake- loads have not been taken into consideration
 - frequency (revolutions) of dynamic load at range: 0,07-0,2 Hz

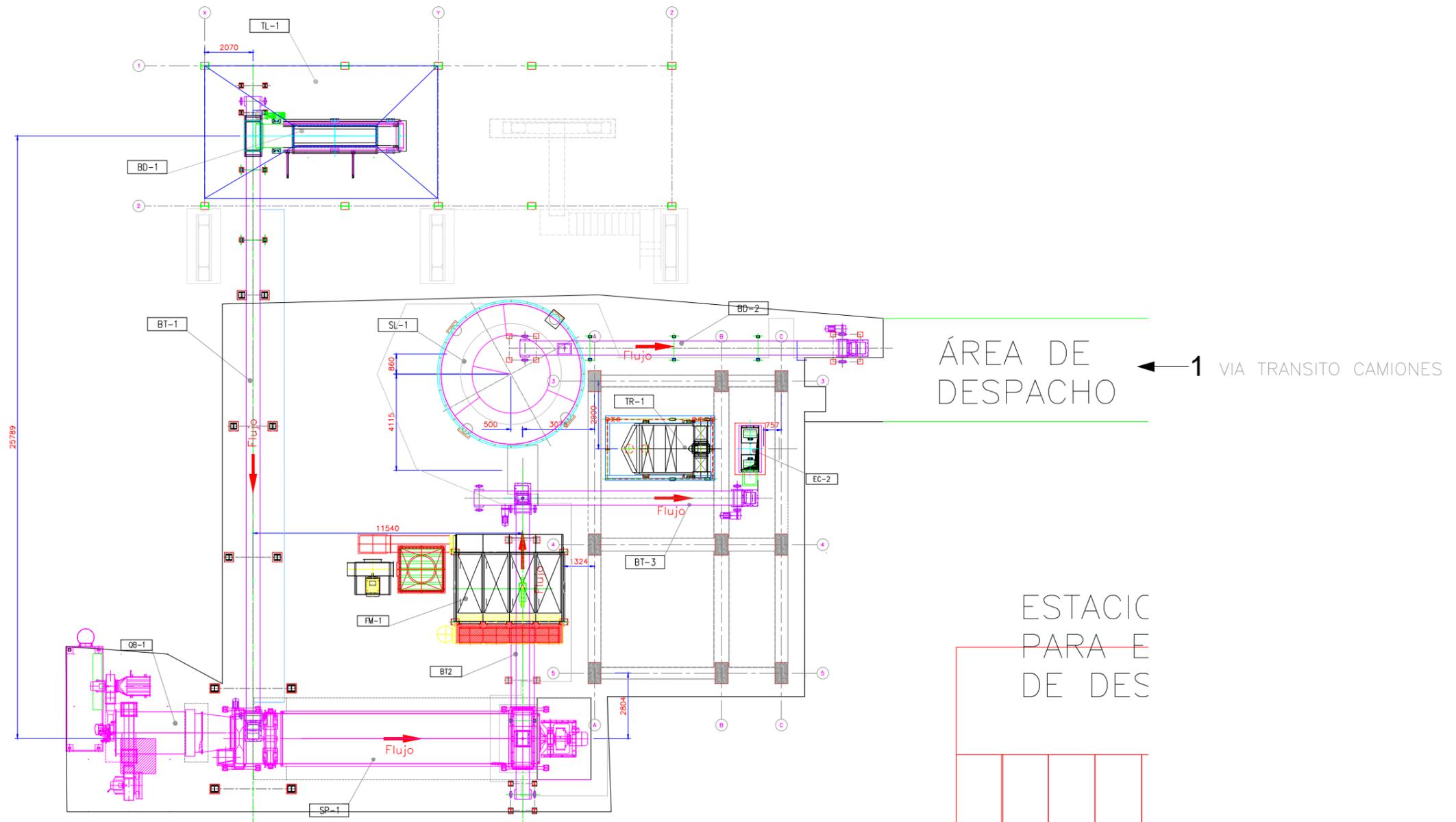
- 9 Brennerwartungspodest/platform by customer
- 8 Brenner/burner
- 7 Brennerschaltkasten/burner switch cabinet
- 6 Brennkammer/combustion chamber
- 5 Trömelantriebs/drive unit - drawing only
- 4 Rollenstation/roller station
- 3 Ausfallgehäuse/outlet housing - drawing only
- 2 Einlaufgehäuse/inlet housing - drawing only
- 1 Trockentrommel/drying drum

ANEXD 1

150
1:100

ALLGAIER

VISTA DE PLANTA
 ESCALA 1/175



PROYECTO:		SECADO Y MOLIENDA DE PUZOLANA PLANO B			
CONTIENE:		IMPLANTACION (VISTA GENERAL) LAYOUT			
www.molencosol.com		DEBIDO	JUNIO 2013		
		REVISADO	JUNIO 2013		
		APROBADO			
AREA:	ESCALA:	PROYECTO:	REV.	HOJA	
100/200	N/A	CG01-GA10-100PLA-001	1		

