

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	II
INDICE GENERAL.....	IV
ABREVIATURAS.....	VI
SIMBOLOGÍA.....	X
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XXII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XXIX
ÍNDICE DE PLANOS.....	XXXVI
INTRODUCCIÓN.....	1
 CAPÍTULO 1	
1. PROCESO DE MOLIENDA DE CEMENTO.....	2
1.1. Definición y clasificación.....	2
1.2. Materias primas para la producción de cemento.....	7
1.3. Descripción de la producción de cemento.....	26
1.4. Normas y estándares técnicos.....	46
1.5. Seguridad y medio ambiente.....	48
 CAPÍTULO 2	
2. DISEÑO Y SELECCIÓN DE EQUIPOS PRIMARIOS DEL SISTEMA DE PRE-MOLIENDA DE CLINKER Y ADITIVOS.....	53
2.1. Descripción del sistema de pre-molienda.....	53
2.2. Sistemas de Transporte.....	56
2.3. Diseño y selección de bandas transportadoras.....	60
2.4. Diseño y selección del elevador de cangilones.....	122

2.5. Selección de bandas dosificadoras.....	160
2.6. Selección de criba.....	180
2.7. Selección de alimentador vibratorio para criba.....	195
2.8. Selección del triturador.....	197
2.9. Diseño de silos de almacenamiento.....	214
2.10. Selección del Alimentador vibratorio para el triturador.....	267

CAPÍTULO 3

3. SELECCIÓN DE EQUIPOS SECUNDARIOS.....	269
3.1. Sistema de desempolvado.....	269
3.2. Selección de desempolvado tipo cartucho.....	294
3.3. Selección del extractor magnético.....	299
3.4. Sistema de detección de metales.....	301
3.5. Sistema de recolección del material de rechazo.....	304

CAPÍTULO 4

4. SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN.....	309
4.1. Descripción.....	309
4.2. Selección de dispositivos.....	310

CAPÍTULO 5

5. ANÁLISIS DE COSTOS.....	318
5.1. Costos de fabricación e importación de equipos.....	318
5.2. Costos de montaje y puesta en marcha.....	321
5.3. Costos de operación.....	325

Capítulo 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	332
--	-----

APÉNDICES

BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

°C	Grados Centígrados.
%	Porcentaje.
Mm	milímetros.
µm	Micrómetros.
J/g	Joule sobre gramo
S	Escoria granulada de horno alto
P	Puzolanas naturales
Q	Puzolanas naturales calcinadas
V	Cenizas volantes sílicea
W	Cenizas volantes calcárea
T	Esquisto calcinado
L, LL	Caliza
D	Humo de sílice.
CaSO ₄ .2H ₂ O	Sulfato de calcio dihidratado
CaSO ₄ .1/2H ₂ O	Sulfato de calcio hemihidrato
CaSO ₄	Sulfato de calcio anhídrida
INEN	INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN
ASTM	AMERICAN SOCIETY STANDARD OF TESTING AND MATERIALS
SiO ₂	Silicato

Al_2O_3	Aluminato de calcico
Fe_2O_3	Ferrito Calcico
CaO	Óxido de Calcio
MgO	Óxido de Magnesio
Na_2O	Óxido de Sodio
K_2O	Óxido de Potasio
SC	Factor de Saturación de Cal
MH	Módulo Hidráulico
MS	Módulo de Silicato
MF	Módulo de Fundente
C_3S	Silicato Tricálcico
C_2S	Silicato Bicálcico
C_3A	Aluminato Tricálcico
C_4AF	Ferro-aluminato Tetracálcico
cm^2/g	Centímetro cuadrado por gramo.
g	Gramos.
mm^2	Milímetro cuadrado.
CO_2	Dióxido de Carbono
MgCO_3	Carbonato de Magnesio
kg/cm^2	Kilogramo sobre centímetro cuadrado.
p.p.m.	Partes por millón.
GGBF	Ground granulated blast furnace slag

ACI	AMERICAN CONCRETE INSTITUTE
N/A	No Aplica.
N/D	No Definido
L/D	Longitud sobre diámetro.
M ³ /kg	metros cúbicos por kilogramo
Mbar	mili bar.
kWh/t	kilovatio-hora por tonelada.
ISO	International Standard for Standardization
OHSAS	Occupational Health and Safety Advisory Services
TPH	toneladas por hora
m/s	metros por segundo
CEMA	Conveyor Equipment Manufacturers Association
Lbs	Libras
Kg	Kilogramos
In	Pulgadas
kN	Kilonewtons
Lb/ft	Libras sobre pies
A	Amperios
V	Voltaje
Nm	Newtons metro
Kgm ²	Kilogramos metro cuadrado
dBA	Decibeles

IEC	International Electrotechnical Commission
ABB	ASEA BROWN BOVERI
N/mm	Newton sobre milímetros
Kg/m ²	Kilogramo sobre metros cuadrado
Lb-pulg	Libras pulgadas
DIN	DEUTSCHE INDUSTRIE NORMEN
Q	Toneladas cortas por horas transportadas
v	Velocidad de la banda
AISI	AMERICAN IRON AND STEEL INSTITUTE
ANSI	AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE
MPa	Mega Pascal
PSI	Pounds per square inch
G	Gravedad
RPM	Revoluciones por minuto
BHN	Dureza Brinell
t	Tiempo
T	Momento Torsor
ft/min	Pies por minuto
M	Momento flector
kW	Kilovatios

SIMBOLOGÍA

TLE1	Tolva de clinker
TLE 2	Tolva de yeso
TLE 3	Tolva de Caliza
BT 1	Banda Transportadora 1
BT 2	Banda Transportadora 2
BT 3	Banda Transportadora 3
BT 4	Banda Transportadora 4
BT 5	Banda Transportadora 5
BD 1	Banda Dosificadora 1
BD 2	Banda Dosificadora 2
BD 3	Banda Dosificadora 3
CV 1	Criba Vibratoria 1
AV	Alimentador Vibratorio
RV	Repartidor Vibratorio
TLR	Tolva de Recolección
TR	Trituradora
EC 1	Elevador de cadena 1
FM 1	Filtro de Mangas 1
SL 1	Silo de Puzolana Seca al 4%
SL 2	Silo de Almacenamiento

VE 1	Ventilador 1
CP-1	Colector de polvo
EM	Extractor de metales
DM	Detector de metales
VE2	Ventilador 2
T_e	Tensión Efectiva
L	Longitud del transportador
k_t	Factor de temperatura ambiental
k_x	Factor de fricción de rodillos y deslizamiento entre la faja y rodillo.
k_y	Factor de transporte
w_b	Peso de la faja
w_m	Peso del material
H	Distancia vertical que el material es elevado o bajado
T_p	Tensión de faja a la flexión alrededor de las poleas y resistencia a la rotación.
T_{am}	Tensión al acelerar el material continuamente mientras es alimentada la faja.
T_{ac}	Total de las tensiones de los accesorios del transportador.
A_i	Fuerza para superar la fuerza de fricción
S_i	Espaciamiento entre rodillos
T_{yc}	Resistencia de la faja a la flexión
$T_{y r}$	Fricción producida por los rodillos de retorno

T_{yb}	Resistencia de la faja a la flexión cuando se mueve sobre los rodillos
T_{ym}	Resistencia del material a la flexión cuando la faja corre sobre los rodillos
T_m	Fuerza necesaria para elevar la carga
T_p	Resistencia de la faja a la flexión alrededor de las poleas
T_{tr}	Fuerza de tracción adicional producida por los volteadores y apiladores
T_{pl}	Fuerza de fricción de los desviadores
T_{bc}	Fuerza de tracción producida por los dispositivos de limpieza
T_{sb}	Fuerza producida por los faldones
L_b	Distancia de los faldones
C_s	Factor de fricción con el faldón
H_s	Profundidad del material en contacto
T_o	Tensión mínima
T_2	Tensión del lado flojo
C_w	Factor de arrollamiento
T_1	Tensión máxima
T_c	Tensión mínima unitaria
Pot_c	Potencia de la cinta
Pot_p	Potencia de la polea motriz
Pot_r	Potencia perdida por el reductor

Pot_m	Potencia en el eje del motor
P_f	Ancho de cara de las poleas
r	Radio de Curvatura
F_c	Fuerza centrífuga
T_o	Tensión en la parte curva
W_t	Rotación del tambor motriz
i_n	Radio de Transmisión
n_1	RPM de entrada del motor
n_2	RPM de salida del motor
f_1	Factor de servicio
f_2	Factor de tipo de motor
r_v	Relación de velocidad
D_m	Diámetro del eje motriz
R_m	Resultante del tambor motriz
R_c	Resultante del tambor de cola
R_{co}	Resultante del tambor de contacto
R_p	Resultante del tambor de contrapeso
R_{d1}	Resultante del tambor del desviador 1
R_{d2}	Resultante del tambor del desviador 2
D	Diámetro del Eje de los tambores
FS	Factor de seguridad
S_f	Factor corregido de fatiga

A	Brazo flector en la polea
R	Resultante
k_a	Factor superficial
k_b	Factor de tamaño
k_c	Factor de confiabilidad
k_d	Factor de temperatura
k_e	Factor de ciclo de servicio
k_f	Factor de concentración de esfuerzo de fatiga
k_g	Factor mixto
S_f^*	Esfuerzo último de tensión
L_{10h}	Vida Nominal en horas de servicio
C_d	Carga Dinámica
P_d	Fuerza resultante para rodamientos
C_w	Factor de arrollamiento
T_m	Tensión Efectiva
T_1	Tensión del lado apretado
T_2	Tensión del lado flojo
T_3	Tensión en el retorno
T_{cp}	Tensión en el contrapeso
T_o	Tensión mínima para evitar el pandeo
T_x	Tensión en la parte curv
T_u	Tensión unitaria

F_1	Fuerza para mover la banda en vacío y sus componentes móviles
F_2	Fuerza para desplazar el material horizontalmente
F_3	Fuerza para elevar el material
P_m	Potencia de la polea motriz
P_{ot_r}	Pérdida por el reductor
P_f	Ancho de Tambor
B	Ancho de banda
K_A	Carga nominal en la banda
R_p	Radio de curvatura del tambor motriz
M_{PM}	Carga de del material por metro de banda
F_c	Fuerza centrífuga
G_b	Peso de la banda
T_s	Torque del backstop
Z	El número de ranuras de la polea
P_N	Potencia nominal para longitud desarrollada
C_2	Factor para máquinas de servicio continuo
C_1	Factor para ángulo de contacto
C_3	Factor de desarrollo.
m_{sb}	Peso del skirt board
m_t	Peso de los chutes
W_c	Peso de la cubierta

m_{BT-1}	Peso de la cercha BT-1
m_{BT-2}	Peso de la cercha BT-2
m_{BT-3}	Peso de la cercha BT-3
m_{BT-3}	Peso de la cercha BT-3
F_{sh}	Fuerza en los soportes
Q_v	Capacidad calculada para EC-1
Q_m	Capacidad del elevador
φ	Grado de llenado
V_B	capacidad de cada cangilón
a	Espaciamiento entre cada cangilón
M	Peso de material por cangilón
f	Capacidad del cangilón
P_L	Fuerza para desplazar el material en EC-1
W_{EC-1}	Sumatoria del peso del cangilón y cadena.
M_{EC-1}	Peso del material elevado.
K	Factor de arrastre
P_m	Tensión total de la cadena
P_t	Tensión de contrapeso
P_B	Fuerza al dragado del material
DWL	Carga de diseño
W_c	Peso de la cadena para EC-1
W_s	Peso de los sujetadores de cangilón

S_{EC-1}	Velocidad del del elevador
CFH	Pies cúbicos por hora
PD	Diámetro primitivo
PW	Espesor de la rueda
P_{Mbd}	Tensión máxima de la cadena para transportadores de placas
f_1	Coefficiente de fricción de los rodillos de cadena sobre rieles
f_2	Factor de fricción entre el material y el acero
M_{BD}	Peso del material transportado por metro de banda de placas
W_{BD}	Peso de las partes móviles de las bandas de placas
d_a	Diámetro exterior del buje
d_r	Diámetro exterior de rodillos
P_{BD}	Potencia en los motores para bandas de placas
A_{CV}	Área de cribado
Q_u	Cantidad de partículas subdimensionadas.
D_1	Espesor de capa primer piso
D_2	Espesor de capa segundo piso
T_a	Tamaño de partícula de alimentación
T_p	Tamaño de partícula del producto
R_{TR}	Tasa de reducción
VSI	Triturador de impacto vertical

HSI	Triturador de impacto horizontal
W_{TR}	Trabajo de trituración
W_i	Índice de Bond
C_a	Capacidad de alimentación
h_{cil}	Altura del cilindro
r_{cil}	Radio del cilindro
δ	Ángulo de rozamiento interno
ϕ_w	Ángulo de fricción de pared
ff	Factor de flujo
θ	Semi-ángulo del cono
f_c	Esfuerzo de fluencia del material
σ_1	Esfuerzo de compactación
q	Factor de flujo del material
$H(\theta)$	Ángulo mínimo de inclinación de la tolva
D_h	Diámetro hidráulico
P_v	Presión vertical
γ_F	Constante de Janssen
P_h	Presión horizontal
τ_w	Esfuerzo cortante
σ_{yc}	Presión vertical en la parte inclinada de la tolva
σ_{ymax}	Presión vertical ejercida por el material sobre la tolva
C_b	Coeficiente de mayoración

P_n	Esfuerzo normal a la tolva
P_{no}	Esfuerzo en la parte superior del cono
P_{nu}	Esfuerzo en la parte inferior del cono
P_{tno}	Esfuerzo cortante en la parte superior del cono
P_{tnu}	Esfuerzo cortante que actúa en la parte inferior de la tolva
$W_{pingate}$	Carga distribuida por Pin
$L_{pingate}$	Longitud del Pin gate
$D_{pingate}$	Diámetro del pin gate
W_{tapa}	Carga distribuida en la tapa
$W_{persona}$	Carga distribuida por persona
w_u	Carga de diseño
ϕ_b	Factor de resistencia a la fluencia
F_y	Resistencia última a la fluencia
Z_x	Módulo plástico
V_{tolva}	Volumen de la tolva
P_s	Esfuerzo de cambio de sección
b_s	Tramo de cambio de sección
Q_{BT}	Caudal de desempolvado en bandas transportadoras
Q_{EC-1}	Caudal de desempolvado en el elevador EC-1
Q_{CV-1}	Caudal de desempolvado en la criba CV-1
Q_{TR}	Caudal de desempolvado en el triturador TR

Q_{TLR}	Caudal de desempolvado en la tolva TLR
Q_{RV}	Caudal en el repartidor vibrante
Q_{AV}	Caudal en el alimentador vibrante
VP	Cabezal dinámico
V_{ducto}	Velocidad den el ducto
R_{BT1}	Ramal en BT-1
H_{C90}	Caída de presión en codos de 90°
H_{C110}	Caída de presión en codos de 110°
H_{B60}	Bifurcación de 60°
H_{B30}	Bifurcación de 30°
H_{B10}	Bifurcación de 10°
$H_{campana}$	Pérdida de presión en las campanas de succión
$H_{accesorios}$	Caída de presión en accesorios
A_{manga}	Área de la manga
N_{mangas}	Número de mangas
k_v	Factor de flujo
Q_n	Caudal de aire limpio
δ_n	Gravedad específica del aire
m_{ducto}	Peso del ducto
$m_{accesorios}$	Peso del accesorios
\dot{m}	Flujo másico
$Q_{valvula}$	Caudal de válvula rotatoria

A_{filtro}	Área filtrante
C_{filtro}	Radio de filtración
$P_{\text{guillotina}}$	Presión en la válvula guillotina
H-H	Horas hombre

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Cemento Hidráulico.....	2
Figura 1.2	Formación de Puzolana Natural.....	4
Figura 1.3	Materias Primas para el procesamiento de Cemento.....	8
Figura 1.4	Micrografía de sección pulida de clinker de cemento Pórtland, clinker con alto contenido de Alcalis y se puede apreciar la presencia de M.....	10
Figura 1.5	Mercado de Cemento y consumo per cápita a partir del año 2000 en el Ecuador.....	28
Figura 1.6	Producción de cemento de la empresa a partir del año 2000.....	29
Figura 1.7	Proceso de Fabricación de Cemento Vía Húmeda.....	31
Figura 1.8	Proceso de Fabricación de Cemento Vía Seca.....	32
Figura 1.9	Proceso de Fabricación de Cemento Vía Semi-Seca.....	34
Figura 1.10	Proceso de Fabricación de Cemento Vía Semi-Húmeda.....	35
Figura 1.11	Flujo del Proceso de Fabricación de Cemento.....	36
Figura 1.12	Instalación Estacionaria de Trituración Primaria.....	38
Figura 1.13	Pre-homogeneización a) Lecho Circular b) Lecho Longitudinal.....	39
Figura 1.14	Molienda de crudo mediante el Molino Vertical.....	41
Figura 1.15	Secador de Tambor.....	43
Figura 1.16	Enfriador de Parrilla.....	43
Figura 1.17	Molino de Bolas.....	44

Figura 1.18	Silo Multicelular.....	45
Figura 2.1	Diagrama de Flujo del Sistema de Pre-molienda.....	55
Figura 2.2	Banda Transportadora.....	61
Figura 2.3	Componentes principales de una Banda Transportadora.....	62
Figura 2.4	Rodillo de transporte superior tipo Terna de 35° de inclinación...67	
Figura 2.5	Rodillo de transporte inferior con inclinación 0°.....	69
Figura 2.6	Esquema de Banda BT-1.....	72
Figura 2.7	Arco de Contacto.....	73
Figura 2.8	Disposición de Tambores para la banda BT-1.....	78
Figura 2.9	Dimensiones del tambor motriz para la banda BT-1.....	81
Figura 2.10	Trayectoria del material en la descarga para BT-1.....	84
Figura 2.11	Radio de Transición de la parte curva para la banda BT-1.....	85
Figura 2.12	Acople Hidrodinámico para BT-1.....	87
Figura 2.13	Esquema del Reductor para BT-1.....	89
Figura 2.14	Dispositivo Backstop para BT-1.....	90
Figura 2.15	Limpiador de Bandas Transportadoras.....	93
Figura 2.16	Limpiador PV1S30XX2811GRPC.....	94
Figura 2.17	Limpiador de Cola BT-1.....	95
Figura 2.18	Limpiador STANDARD V-PLOW.....	97
Figura 2.19	Cubierta Galvanizada de 0.75 mm de espesor.....	98
Figura 2.20	Revestimiento antideslizante y ranurado Chevrón.....	99

Figura 2.21	Esquema del Accionamiento del sistema de protección personal.....	100
Figura 2.22	Esquema del Tensor tipo Tornillo para BT-1.....	102
Figura 2.23	Esquema de Banda BT-2, BT-3, BT-4.....	103
Figura 2.24	Dimensiones del tambor motriz para la banda BT-2.....	114
Figura 2.25	Trayectoria de BT-2.....	116
Figura 2.26	Trayectoria del material en la descarga para BT-3 y BT-4.....	117
Figura 2.27	Acople Voith TVV.....	120
Figura 2.28	Elevador de Cangilones.....	123
Figura 2.29	Componentes principales de un elevador de Cangilones.....	124
Figura 2.30	Tipos de carga de los elevadores de cangilones.....	127
Figura 2.31	Tipos de Descarga para elevadores de cangilones.....	128
Figura 2.32	Esquema del Cangilón.....	132
Figura 2.33	Esquemas de Fuerzas en el Elevador EC-1.....	142
Figura 2.34	Cadena tipo ER984 para EC-1.....	143
Figura 2.35	Esquema de sujetadores K443 para EC-1.....	144
Figura 2.36	Rueda de Tracción.....	147
Figura 2.37	Rueda de Tracción Motriz.....	149
Figura 2.38	Esquema de la caja reductora B3SH para EC-1.....	156
Figura 2.39	Trayectoria del material en EC-1.....	158
Figura 2.40	Esquema de plataforma de mantenimiento.....	159
Figura 2.41	Alimentador de Placas metálicas.....	160

Figura 2.42	Bandejas Estilo A.....	161
Figura 2.43	Tipos de Rodillos de transportadores metálicos.....	163
Figura 2.44	Selección del Ancho de Bandas Transportadoras metálicas.....	164
Figura 2.45	Sección transversal de los Transportadores de placas Metálicas.....	166
Figura 2.46	Esquema de bandas Transportadoras metálicas.....	170
Figura 2.47	Esquema de cadena tipo K para las bandas de placas metálicas..1.....	174
Figura 2.48	Sistema de Sujeción M14 para bandas de placas metálicas.....	175
Figura 2.49	Esquema del ensamble del transportador de placas metálicas.....	175
Figura 2.50	Criba Vibratoria.....	181
Figura 2.51	Curva Granulométrica de Materiales.....	183
Figura 2.52	Capacidad básica para la separación de materiales.....	186
Figura 2.53	Factor del porcentaje de material retenido.....	187
Figura 2.54	Factor C relacionado con el porcentaje en la alimentación.....	188
Figura 2.55	Esquema de la criba CV-1.....	195
Figura 2.56	Esquema del Alimentador Vibratorio.....	196
Figura 2.57	a) Trituración entre dos superficies b) Cizallamiento c) Compresión entre dos superficies d) Impacto entre material y superficie e) Impacto entre sólidos f) Acción de Corte entre el medio circundante.....	198
Figura 2.58	Trituradora Giratoria.....	200
Figura 2.59	Trituradora de Cono.....	201

Figura 2.60	Trituradora de impacto de eje horizontal.....	201
Figura 2.61	Trituradora de Impacto de eje vertical.....	202
Figura 2.62	Trituradora de rodillo.....	203
Figura 2.63	Granulometría de la Alimentación y el producto.....	211
Figura 2.64	Dimensiones del Triturador APSM-1015.....	213
Figura 2.65	Silo de Puzolana.....	216
Figura 2.66	a) Flujo másico, b) Flujo de Embudo c) Flujo Expandido.....	216
Figura 2.67	Forma de la Tolva de Puzolana.....	219
Figura 2.68	Factor de Flujo y Semi-ángulo para una tolva con salida cónica.....	222
Figura 2.69	Tipo de Flujo en la parte cónica.....	223
Figura 2.70	Geometría de Salida.....	227
Figura 2.71	a) y c) Estado Activo b) y d) Estado Pasivo.....	229
Figura 2.72	Esfuerzos en la parte Cónica.....	232
Figura 2.73	Distribución de esfuerzos en la tolva de Puzolana.....	237
Figura 2.74	Espesores en la tolva de Puzolana.....	238
Figura 2.75	Rigidizadores de columnas.....	239
Figura 2.76	Espesores de anillos y platinas del Cilindro.....	240
Figura 2.77	Anillo rigidizador del cono.....	241
Figura 2.78	Tolva de Clínker.....	246
Figura 2.79	Factor de Flujo y Semi-ángulo para una tolva con salida de ranura.....	248
Figura 2.80	Tipo de Flujo en la parte de Cuña.....	249

Figura 2.81	Distribución de esfuerzos en la tolva de Clínker.....	257
Figura 2.82	Espesores en la tolva de Clínker.....	258
Figura 2.83	Espesores de las tolvas de caliza, yeso, pulmón, TLR.....	264
Figura 2.84	Válvula de descarga BinEx.....	266
Figura 2.85	Dimensiones de la válvula BinEx.....	267
Figura 2.86	Dimensiones del Alimentador Vibratorio del Triturador.....	268
Figura 3.1	Filtro de Mangas Pulse-Jet.....	271
Figura 3.2	Codos.....	277
Figura 3.3	Selección del Ventilador VE1.....	281
Figura 3.4	Dimensiones del Ventilador	281
Figura 3.5	Diseño de Accesorios.....	283
Figura 3.6	Válvula RCA25DD3.....	289
Figura 3.7	Tanque Cabezal.....	290
Figura 3.8	Válvula Rotatoria VR-1.....	293
Figura 3.9	Colector de Polvo.....	295
Figura 3.10	Dimensiones del colector 3DCP-18.....	297
Figura 3.11	Selección del Ventilador VE-2.....	298
Figura 3.12	Separador Magnético.....	299
Figura 3.13	Dimensiones del Separador Magnético RCYD(C) -6.5.....	300
Figura 3.14	Detector de Metales.....	302
Figura 3.15	Dimensiones del Detector de Metales.....	303
Figura 3.16	Sistema de Descarga.....	305

Figura 3.17	Válvula guillotina de cilindro neumático.....	306
Figura 3.18	Dimensiones de la Válvula guillotina DN400.....	308
Figura 4.1	Balanza para Bandas.....	311
Figura 4.2	Caudalímetro G-400.....	313
Figura 4.3	Celda de Pesaje de 33 Ton.....	315
Figura 4.4	Ubicación de los detectores de Altura.....	315

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1	Tipos de Cementos según ASTM C 150.....	5
Tabla 1.2	Clasificación de Cementos por sus propiedades específicas....	6
Tabla 1.3	Resistencias mínimas que deben cumplir los cementos.....	7
Tabla 1.4	Significado de nomenclatura para la simplificación de fórmulas.....	8
Tabla 1.5	Componentes principales del cemento.....	12
Tabla 1.6	Características Físicas y Mecánicas de los Cementos.....	22
Tabla 1.7	Densidad de las materias Primas.....	24
Tabla 1.8	Requisitos Químicos del cemento Portland Puzolánico Tipo IP.....	25
Tabla 1.9	Producción Mundial de Cemento.....	26
Tabla 1.10	Factores de emisión de material Particulado.....	46
Tabla 1.11	Partículas atrapadas por dispositivos de control.....	47
Tabla 1.12	Concentración de contaminantes en los gases.....	50
Tabla 1.13	Límites máximos Permisibles de emisiones al aire para fuentes fijas de combustión.....	52
Tabla 2.1	Características de la Zona.....	54
Tabla 2.2	Especificaciones de las Bandas Transportas.....	56
Tabla 2.3	Especificaciones Técnicas elevador de cangilones EC-1.....	58

Tabla 2.4	Bandas Dosificadoras BD-1; BD-2; BD-3; BD-4.....	60
Tabla 2.5	Descripción de la clasificación de los materiales.....	64
Tabla 2.6	Características del material para la banda BT-1.....	65
Tabla 2.7	Características de los rodillos superiores e inferiores banda BT-1.....	70
Tabla 2.8	Fuerzas que actúan en BT-1.....	72
Tabla 2.9	Tensiones de la banda BT-1.....	74
Tabla 2.10	Características del motor ABB IEC 160L para BT-1.....	76
Tabla 2.11	Características técnicas de la faja para BT-1.....	77
Tabla 2.12	Descripción de las Características Técnicas de los Tambores para la banda BT-1.....	81
Tabla 2.13	Dimensiones del acople Hidrodinámico para BT-1.....	87
Tabla 2.14	Dimensiones del Reductor para BT-1.....	89
Tabla 2.15	Limpiadores PIT VIPER MARTIN.....	94
Tabla 2.16	Limpiadores de cola DURT DOZER.....	96
Tabla 2.17	Limpiadores STANDARD V-PLOW.....	97
Tabla 2.18	Selección de Interruptor de Jalón de Cable.....	101
Tabla 2.19	Peso de Accesorios de BT-1.....	103
Tabla 2.20	Fuerzas en los soportes por BT-1.....	106
Tabla 2.21	Características Técnicas de la banda BT-2, BT-3, BT4.....	107

Tabla 2.22	Características de los rodillos superiores e inferiores de las bandas BT-2, BT-3, BT-4.....	108
Tabla 2.23	Fuerzas que actúan en las bandas BT-2, BT-3, BT-4.....	110
Tabla 2.24	Tensiones de la Banda BT-2, BT-3, BT-4.....	110
Tabla 2.25	Potencia en las Bandas BT-2, BT-3, BT-4.....	111
Tabla 2.26	Características de Motores para BT-2, BT-3, BT-4.....	112
Tabla 2.27	Características técnicas de la faja para BT-2, BT-3, BT-4.....	113
Tabla 2.28	Descripción de las Características Técnicas de los Tambores para las bandas BT-2, BT-3, BT-4.....	115
Tabla 2.29	Parámetros de la Trayectoria del material en BT-2, BT-3, BT-4.....	114
Tabla 2.30	Trayectoria del Material en BT-2, BT-3, BT-4.....	116
Tabla 2.31	Cajas reductoras y poleas de transmisión para BT-2, BT-3, BT-4.....	118
Tabla 2.32	Dimensiones del Reductor para BT-2, BT-3, BT-4.....	118
Tabla 2.33	Acople TVV.....	120
Tabla 2.34	Accesorios y Complementos de BT-2, BT-3, BT-4.....	121
Tabla 2.35	Pesos de las bandas BT-2, BT-3, BT-4.....	122
Tabla 2.36	Características del material para el diseño del Elevador de cangilones EC-1.....	125
Tabla 2.37	Cangilones de acero Tipo AC soldados.....	131
Tabla 2.38	Factor de Servicio para EC-1.....	134
Tabla 2.39	Fuerzas en el elevador de cadena EC-1.....	141

Tabla 2.40	Característica de la cadena ER984 REXNORD.....	143
Tabla 2.41	Distancia entre apoyos para EC-1.....	146
Tabla 2.42	Características de las ruedas de tracción de EC-1.....	150
Tabla 2.43	Características del motor ABB IEC 255M para EC-1.....	152
Tabla 2.44	Factores de operación para selección de reductor de EC-1.....	153
Tabla 2.45	Factor según del tipo de motor para EC-1.....	154
Tabla 2.46	Caja reductora modelo B3SH tipo 508 para EC-1.....	155
Tabla 2.47	Peso Estructural del Elevador de Cangilones EC-1.....	159
Tabla 2.48	Tipos de rodillos para Transportadores de placas metálicas.....	162
Tabla 2.49	Velocidad máxima de rodillos.....	163
Tabla 2.50	Velocidades y Capacidades para las bandas de placas metálicas.....	164
Tabla 2.51	Selección de Paso de cadena y Número de dientes.....	165
Tabla 2.52	Factor de fricción entre el acero y el material.....	168
Tabla 2.53	Carga de Trabajo de las bandas dosificadoras preliminar.....	170
Tabla 2.54	Carga de Trabajo de las bandas dosificadoras final.....	172
Tabla 2.55	Especificaciones y Dimensiones según el número de cadena.....	173
Tabla 2.56	Potencia de las bandas dosificadoras.....	178
Tabla 2.57	Motores de Bandas de placas metálicas.....	178
Tabla 2.58	Características de Bandas de Placas Metálicas.....	180

Tabla 2.59	Tamaño de Grano para selección de Cribas.....	184
Tabla 2.60	Selección de Tamiz para la Criba.....	184
Tabla 2.61	Factor de Posición del Piso.....	188
Tabla 2.62	Factor de Cribado en Húmedo.....	188
Tabla 2.63	Factor del peso del material.....	189
Tabla 2.64	Factor de forma de las partículas.....	189
Tabla 2.65	Factor por el tipo de criba.....	189
Tabla 2.66	Factor de Humedad.....	189
Tabla 2.67	Condiciones críticas del Sistema.....	190
Tabla 2.68	Características del Material en los pisos.....	190
Tabla 2.69	Selección de criba CV-1.....	193
Tabla 2.70	Selección del Alimentador Vibrante.....	196
Tabla 2.71	Medición de Abrasividad.....	204
Tabla 2.72	Índice de abrasividad.....	204
Tabla 2.73	Capacidades, Tamaño de Alimentación y Producto de Trituradoras.....	205
Tabla 2.74	Relación de Reducción de Trituradores.....	207
Tabla 2.75	Índice de Trabajo de Bond.....	209
Tabla 2.76	Descripción del mineral según su Índice de Trabajo.....	210
Tabla 2.77	Selección de Trituradora HSI.....	212
Tabla 2.78	Características de Flujo en la Tolva.....	218
Tabla 2.79	Ángulos internos y de pared de materiales.....	220

Tabla 2.80	Factores de los materiales para la función de flujo.....	224
Tabla 2.81	Diseño de tolvas de Yeso, Caliza, Pulmón, TLR.....	264
Tabla 2.82	Selección de la válvula BinEx.....	266
Tabla 2.83	Selección del Alimentador Vibratorio para el Triturador.....	268
Tabla 3.1	Caudal de Aire a desempolvar según el Equipo.....	272
Tabla 3.2	Caudales y diámetros de los ducto.....	275
Tabla 3.3	Caída de presión en ramales.....	276
Tabla 3.4	Coeficientes de pérdidas en Codos.....	277
Tabla 3.5	Coeficientes de Pérdidas por Bifurcaciones.....	278
Tabla 3.6	Características del ventilador VE1.....	280
Tabla 3.7	Dimensiones del Ventilador VE1.....	282
Tabla 3.8	Dimensiones de Campanas.....	282
Tabla 3.9	Selección de Filtros.....	285
Tabla 3.10	Selección de Válvulas Solenoides.....	288
Tabla 3.11	Dimensiones del Tanque Cabezal para válvulas.....	290
Tabla 3.12	Peso de Ductos de FM1.....	291
Tabla 3.13	Selección de Válvula Rotatoria (6 álabes).....	293
Tabla 3.14	Selección del colector tipo cartucho.....	296
Tabla 3.15	Características del ventilador VE-2.....	298
Tabla 3.16	Selección del Extractor Magnético.....	301
Tabla 3.17	Selección del detector de Metales.....	303
Tabla 3.18	Presión de Trabajo de las Válvulas.....	307

Tabla 3.19	Dimensiones de la válvula guillotina.....	307
Tabla 3.20	Características de la Válvula Guillotina.....	308
Tabla 4.1	Selección de Celdas de Pesaje.....	314
Tabla 4.2	Ubicación de los detectores de Altura.....	316
Tabla 5.1	Costo de Fabricación Local.....	319
Tabla 5.2	Costos de Fabricación e Importación de Equipos.....	320
Tabla 5.3	Costos de Equipos Importados.....	322
Tabla 5.4	Costos de montaje y puesta en marcha.....	323
Tabla 5.5	Consumo de los Equipos.....	325
Tabla 5.6	Sueldo del Personal.....	327

ÍNDICE DE PLANOS

SIPRE-ME00-DFS-01	Diagrama de Flujo del Sistema de Premolienda
SIPRE-ME01-BT1-02	Banda Transportadora BT1
SIPRE-ME01-BT2-03	Banda Transportadora BT2
SIPRE-ME01-BT3-04	Banda Transportadora BT3
SIPRE-ME01-BT4-05	Banda Transportadora BT4
SIPRE-ME01-CV1-06	Criba Vibratoria CV-1
SIPRE-ME01-TR-07	Triturador
SIPRE-ME01-SL1-08	Tolva de Puzolana
SIPRE-ME01-TLE1-09	Tolva de Clíinker
SIPRE-ME01-TLE2-10	Tolva de Yeso
SIPRE-ME01-TLE3-11	Tolva de Caliza
SIPRE-ME01-SL2-12	Tolva pulmón
SIPRE-ME01-BD1-13	Banda Dosificadora 1
SIPRE-ME01-BD2/3/4-14	Banda Dosificadora 2,3 y 4
SIPRE-ME01-EC1-15	Elevador de Cangilones
SIPRE-ME01-FM1-16	Filtro de desempolvado
SIPRE-ME01-EDIFPRE-17	Edificio de Pre-molienda vista de Planta

SIPRE-ME01-EDIFPRE-18	Edificio de Pre-molienda vista frontal
SIPRE-ME01-EDIFPRE-19	Edificio de Pre-molienda vista lateral
SIPRE-SC01-ARQ-20	Arquitectura del Sistema de Control