

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

“Diseño y Construcción de una Máquina Trituradora de Hielo
Industrial en Marquetas“

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Presentada por:

Emerson Elias Guerrero Mancheno

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2012

AGRADECIMIENTO

A DIOS por darme la vida y ayudarme en los momentos difíciles, a la Facultad de Ingeniería Mecánica de la ESPOL por su valiosa formación académica, a mi esposa, hermanos y en especial a mis padres, por darme la oportunidad de poder estudiar, mis sinceros agradecimientos al Ing. Ernesto Martínez, por su valiosa dirección en esta tesis y a las personas que colaboraron de una u otra forma para la realización de este trabajo.

DEDICATORIA

La culminación de mi preparación académica va dedicada a mis padres Eliecer Guerrero y Gloria Mancheno, a mi esposa katuska Vidal y mi hijo Sebastián, mis hermanos Lucciola y Eduardo, quienes con su amor y apoyo son el más grande ejemplo de perseverancia y tenacidad.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Gustavo Guerrero M.
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE

Ing. Ernesto Martínez L.
DIRECTOR

Ing. Manuel Helguero G.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

Emerson Elías Guerrero Mancheno

RESUMEN

Este trabajo se lo realizó en la provincia de Santa Elena, en una fábrica productora de hielo en bloques, cuya capacidad de trituración es menor a la requerida, ya que el mercado exige triturar el bloque de hielo para poder ser comercializado. Inicialmente posee trituradores fabricados artesanalmente, en acero común, que demandan un alto consumo de energía, los mismos que se encuentran en malas condiciones y no cumplen con la capacidad de trituración.

Los mantenimientos correctivos de los actuales equipos son muy frecuentes, debido a que el óxido ha dañado gran parte de su estructura, además el rendimiento productivo de estos equipos es bajo, esto se debe a que los tiempos de trituración del hielo son altos, además la trituración no es buena, ya que los trozos de hielo son muy irregulares. Todos estos factores influyen para que el proceso de trituración sea ineficiente; por tal motivo la empresa, decidió establecer la necesidad de construir nuevos equipos de trituración con un mejor rendimiento para poder de esta manera responder ante la demanda que existe en las temporadas altas de la región.

El objetivo del presente trabajo fue realizar el diseño y construcción de un equipo triturador de bloques de hielo industrial con una capacidad de

trituration de 25 Ton/horas, el cual permitiría obtener una trituration más regular, disminuir el consumo de energía y mejorar la eficiencia del molino.

La metodología que se sigue está basada en la observación, elaboración de prototipos, pruebas, toma de datos de consumo de energía y tiempo, verificación de resultados y cumplimiento de normas.

Para verificar los cálculos obtenidos se utiliza el programa computacional SAP 2000 versión 9.03, el cual es utilizado en diversos tipos de diseños de estructuras y máquinas que utilizan parámetros tales como; materiales, apoyos, pesos, cargas vivas y muertas, torques, etc.

Para la construcción del equipo, se elaboró un cronograma de trabajo, indicando las diferentes tareas y detallando cada elemento con la ayuda de figuras y planos. Finalmente se concluyó que el equipo ha sido construido de acuerdo a los planos, luego se prueba el equipo triturador y se obtuvieron los siguientes resultados; Capacidad de trituration de 25 Ton/hora, potencia consumida 4.23 Hp y un amperaje promedio de 13.8 amperios. Por tanto se cumplieron con los objetivos planteados al inicio de este trabajo.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	IV
ABREVIATURAS.....	VII
SIMBOLOGÍA.....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
ÍNDICE DE TABLAS.....	XIV
ÍNDICE DE PLANOS.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1	
1. GENERALIDADES DEL HIELO INDUSTRIAL EN MARQUETAS.....	5
1.1 Descripción del Proceso de Fabricación del Hielo Industrial.....	39
1.2 Descripción del Proceso de Trituración del Hielo Industrial.....	41
1.3 Definición del Problema.....	42
1.3.1 Tipos de Trituradores.....	45
1.3.2 Matriz de Decisión.....	50
CAPÍTULO 2	
2. DISEÑO DEL EQUIPO TRITURADOR DE HIELO.....	59
2.1 Determinación de Parámetros para el Diseño del Equipo	

Triturador.....	59
2.2 Diseño de Forma.....	63
2.3 Construcción de Prototipo para Determinación de Parámetros.....	67
2.3.1 Selección del Ángulo de Avance de la Marqueta.....	67
2.3.2 Dimensionamiento del Tambor Triturador con Respecto a la Marqueta.....	71
2.3.3 Dimensionamiento para el Diseño del Tambor Triturador..	74
2.4 Determinación de la Fuerza y Potencia Consumida en Proceso de Trituración.....	87
2.5 Análisis del Tambor de Corte Utilizado el Programa SAP Versión 9.03.....	95
2.6 Diseño del Eje.....	99
2.7 Selección de Chumaceras.....	115
2.8 Selección del Sistema de Transmisión de Potencia.....	118

CAPÍTULO 3

3. CONSTRUCCIÓN DEL EQUIPO TRITURADOR.....	124
3.1 Información y Descripción General.....	124
3.2 Cronograma.....	128
3.3 Fabricación de Partes.....	132
3.3.1 Fabricación del Cuerpo Triturador.....	132
3.3.2 Fabricación del Tambor Triturador.....	137

3.3.3	Fabricación de la Bandeja de Entrada.....	145
3.3.4	Fabricación de Bases y Soportes.....	148
3.3.5	Fabricación de la tapa de mantenimiento y protector de Bandas.....	153
3.3.6	Mecanizado de Poleas.....	156
3.4	Recomendaciones para el Mantenimiento del Equipo Triturador..	158
3.5	Análisis de Costos.....	160

CAPÍTULO 4

4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	166
----	-------------------------------------	-----

APÉNDICES

BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

AISI	Instituto Americano de Hierro y Acero
ASHRAE	Sociedad americana de Ingenieros en calefacción.
ASTM	American Society for Testing Materials
ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
FIMCP	Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Production
ISO	International Standard Organization
Ing.	Ingeniero
gr	Gramos
mm	milímetros
cm	Centímetros
m	Metros
pulg.	Pulgadas
cm ³	Centímetro cúbico
m ³	Metros cúbicos
Hr	Horas
min	Minutos
g/cm ³	Gravedad especifica
Hz	Hertz.
W	Watts
Amp.	Amperio
° C	Grados Centígrados.
AC	Corriente alterna
Kg.	Kilogramos
Kg/h	Kilogramos por hora
Long.	Longitud
m/min	Metros por minuto
m/s	Metros por segundo
m ³ /s	Metros cúbicos por segundo
psi	Pounds per square inch (libras por pulgada cuadrada)
TON	Tonelada
Cant.	Cantidad

UND.	Unidades
V. Total	Valor total
P	Presión.
Hp	Caballos de fuerza (Potencia Mecánica).
Kg. / m ³	Kilogramo por metro cúbico.
Kg. / h	Kilogramo por hora.
Lb	Libra.

SIMBOLOGÍA

A	Área.
ρ	Densidad.
ϕ	Diámetro.
g	Gravedad.
=	Igual.
%	Porcentaje.
F _c .	Fuerza de corte.
η	Eficiencia.
Π	3.1416.
H	Altura.
L	Longitud.
T	Torque.
P	Potencia.
Q	Capacidad del equipo.
V _s .	Versus.
V	Velocidad
V _c	Volumen arrancado por la cuchilla
w	velocidad angular

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1. Cristales de hielo, estudiados por Wilson Bentley en 1902.....	8
Figura 1.2. Diagrama de fase del hielo, la escala de las presiones es logarítmica.....	10
Figura.1.3 Máquina de hielo de tipo "Coldisc".....	13
Figura 1.4 Instalación de una máquina de hielo fundente (24 Ton /diarias).....	17
Figura 1.5 Máquina de hacer hielo en tubos.....	19
Figura 1.6 Máquina de hacer hielo en placas.....	20
Figura 1.7 Fabrica tradicional para hacer hielo en bloques.....	22
Figura 1.8 Relación entre el grosor del hielo y el tiempo de congelación necesario en una fábrica de hielo en bloques....	23
Figura 1.9 Máquina de hacer hielo en bloques.....	24
Figura 1.10 Espacio de almacenamiento.....	29
Figura 1.11 Comparación de los perfiles de temperatura de pescado redondo en hielo triturado, AMR y mezcla fluida de hielo y agua.....	38
Figura 1.12 Reducción de Tamaño, ruptura, y equipos.....	43
Figura 1.13 Fuerzas utilizadas en la reducción de tamaño.....	45
Figura 1.14 Esquema de la trituradora de hielo.....	46
Figura 1.15 Equipo triturador CAP:10.3 Ton/H (1 marq. /25seg.), Motor 3 Hp.....	47
Figura 1.16 Equipo triturador CAP: 20 TON/H (1 marq./15seg), Motor 5 Hp.....	48
Figura 1.17 Equipo triturador CAP: 20 TON/H (1 marq./15 seg.) Motor5 Hp.....	48
Figura 1.18 Equipos trituradores y sopladores CAP>20 TON/H.....	49

Figura 1.19	Esquema de equipo triturador con alimentación automático.....	53
Figura 1.20	Esquema del triturador de hielo con alimentación por gravedad.....	54
Figura 2.1	Forma de manipular el hielo.....	62
Figura 2.2	Esquema del equipo triturador.....	64
Figura 2.3	Angulo de inclinación 45°	70
Figura 2.4	Angulo seleccionado 25°.....	71
Figura 2.5	Posición de la bandeja en que la marqueta esta a la misma altura que la línea de acción de las cuchillas.....	72
Figura 2.6	Posición correcta del tambor con respecto a la marqueta.....	73
Figura 2.7	Espaciamiento seleccionado.....	74
Figura 2.8	Dimensiones de la marqueta de hielo.....	75
Figura 2.9	Primer ensayo, en acero A 36 y con \varnothing 540 mm.....	77
Figura 2.10	Segundo ensayo, en acero inoxidable y con \varnothing 417 mm.....	78
Figura 2.11	Desarrollo del tambor triturador y distribución de 30 cuchillas	80
Figura 2.12	Desarrollo del tambor triturador y distribución de 34 cuchillas.....	81
Figura 2.13.	Desarrollo del tambor triturador y distribución de 24 cuchillas.....	83
Figura 2.14	Impactos empujan la marqueta a un lado del equipo.....	84
Figura 2.15	Desarrollo del tambor triturador y distribución de 18 cuchillas.....	85
Figura. 2.16	Detalles de la disposición de las cuchillas.....	86
Figura 2.17	Detalles de la disposición de las cuchillas.....	87
Figura 2.18	Interacción del tambor de corte con la sección de la marqueta de hielo.....	88
Figura 2.19	Área de corte aproximada.....	89

Figura 2.20	Cuchillas que producen torque.....	91
Figura 2.21	Línea de acción de la fuerza de corte.....	92
Figura 2.22	Fuerza de corte y momento.....	96
Figura 2.23	Reacciones de fuerza de corte y momento local.....	97
Figura 2.24	Análisis de Von Misses mediante elementos finitos.....	98
Figura 2.25	Diagrama de fuerzas y reacciones sobre el eje.....	100
Figura 2.26	Diagrama de cuerpo libre de las reacciones sobre el eje Y-Z.....	101
Figura 2.27	Fuerza cortante y momento flector-Plano Y-Z.....	103
Figura 2.28	Diagrama de cuerpo libre de las reacciones sobre el eje X-Z	104
Figura 2.29	Grafico de fuerza cortante y momento flector-Plano X-Z.....	106
Figura 2.30	Diagrama de cuerpo libre sobre elemento crítico en el eje....	107
Figura 2.31	Diagrama de esfuerzo de fatiga y de torsión sobre el punto crítico del eje.....	109
Figura 2.32	Diagrama de esfuerzo alternante y esfuerzo cortante.....	111
Figura 3.1	Dimensiones tapa 1 y 2.....	132
Figura 3.2.	Dimensiones platinas.....	133
Figura 3.3.	Distribución perforaciones.....	134
Figura 3.4.	Vista colocación platinas en tapas del cuerpo.....	135
Figura 3.5.	Vista lateral planchas, dimensiones.....	136
Figura 3.6	Cuerpo triturador armado y rematado.....	136
Figuras 3.7	Disco.....	137
Figuras 3.8	Desarrollo del cilindro.....	138
Figura 3.9	Tambor triturador armado y rematado.....	138
Figura 3.10	Dimensiones cuchillas.....	139
Figura 3.11	Distribución y rayado del porta cuchillas.....	140
Figura 3.12	Porta cuchillas, acoplado y soldado.....	141
Figura 3.13	Cuchilla vista lateral.....	142
Figura 3.14	Cuchillas vista Lateral y detalle de posición en el tambor	142

Figura 3.15	Tambor triturador armado y rematado.....	143
Figura 3.16	Dimensiones eje tambor triturador.....	144
Figura 3.17.	Montaje del eje al tambor triturador y cuerpo.....	144
Figura 3.18	Dimensiones de corte y dobles (verde).....	145
Figura 3.19	Vista frontal dimensiones de piezas dobladas.....	146
Figura 3.20	Bandeja de entrada remate de soldadura.....	146
Figura 3.21	Dimensión y forma de las platinas para acoplar bandeja de entrada al cuerpo.....	147
Figura 3.22	Bandeja entrada acoplada al cuerpo.....	148
Figura 3.23	Dimensiones base principal, vista superior, vista lateral y vista frontal.....	149
Figura 3.24	Base principal acoplada al cuerpo del triturador.....	150
Figura 3.25	Motor sobre su soporte.....	151
Figura 3.26	Base para chumacera.....	152
Figura 3.27	Base de chumacera.....	153
Figura 3.28	Tapa mantenimiento.....	154
Figura 3.29	Tapa de poleas bandas.....	155
Figura 3.30	Dimensiones de chumacera.....	155
Figura 3.31	Chumaceras fijadas en base secundaria.....	156
Figura 3.32	Dimensiones polea del motor.....	157
Figura 3.33	Polea del tambor triturado.....	157

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág
Tabla 1. Propiedades del Hielo.....	7
Tabla 2. Estructuras del hielo.....	9
Tabla 3. Se muestran los rubros que incurre tener una fábrica de hielo en bloques.....	31
Tabla 4. Ventajas e inconvenientes del enfriamiento y la congelación.....	35
Tabla 5. Valoración de las alternativas de diseño.....	58
Tabla 6. Coeficientes de Razonamiento de Alguna Sustancia.....	68
Tabla 7. Datos iniciales para los cálculos	89
Tabla 8: Datos para seleccionar el sistema de transmisión.....	118
Tabla 9. Costos de material.....	162
Tabla 10. Costos de mano de obra indirecta	164
Tabla 11. Resumen de rubros.....	165

ÍNDICE DE PLANOS

Rayado de Plancha	T - 1	.....	Anexo 1
Tapas 1 y 2	T - 2	.....	Anexo 1
Cuerpo Carcasa 1	T - 3	.....	Anexo 1
Cuerpo Carcasa 2	T - 4	.....	Anexo 1
Detalles Cuchillas	T - 5	.....	Anexo 1
Detalles Tambor	T - 6	.....	Anexo 1
Tambor Triturador	T - 7	.....	Anexo 1
Eje Tambor Triturador	T - 8	.....	Anexo 1
Bandeja de Entrada	T - 9	.....	Anexo 1
Detalles Bandeja de Entrada 1	T - 10	.....	Anexo 1
Tapa de Mantenimiento	T - 11	.....	Anexo 1
Acople Chumacera	T - 12	.....	Anexo 1
Vista Superior Base Principal	T - 13	.....	Anexo 1
Vistas Base Principal	T - 14	.....	Anexo 1
Chumaceras	T - 15	.....	Anexo 1
Polea Motor	T - 16	.....	Anexo 1

Polea Tambor Triturador	T - 17	.....	Anexo 1
Montaje Platinas en Tapas 1 y 2	D-1	.....	Anexo 1
Montaje Cuerpo	D-2	.....	Anexo 1
Montaje Tambor	D-3	.....	Anexo 1
Tambor Triturador 3D	D-4	.....	Anexo 1
Montaje Bandeja Entrada	D-5	.....	Anexo 1
Montaje Triturador Junior	D-6	.....	Anexo 1
Triturador Junior	D-7	.....	Anexo 1