

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

**CALCULO Y DISEÑO DE MEZCLADORAS PARA LA  
FABRICACION DE BLOQUES DE PIEDRA POMEZ**

TESIS

PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA

FACULTAD DE INGENIERIA

POR

OSCAR ARMANDO AMADO QUIRÓNEZ

AL CONFERIRSELE EL TITULO DE

**INGENIERO MECANICO**

GUATEMALA, FEBRERO DE 1,996

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central

08  
T(3631)  
C.4

Guatemala, Noviembre de 1995.

Honorable Junta directiva  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos  
Guatemala, Ciudad.

Señores miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a su consideración el trabajo de tesis, titulado:

**CALCULO Y DISEÑO DE MEZCLADORAS PARA LA FABRICACION DE BLOQUES DE PIEDRA POMEZ.**

Como requisito previo para optar al título de Ingeniero Mecánico, en el grado de licenciatura.

En espera de resolución favorable, me suscribo de ustedes.

Atentamente.



OSCAR ARMANDO AMADO QUINONEZ

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

MIEMBROS DE LA JUNTA DIRECTIVA

DECANO	ING. JULIO ISMAEL GONZALEZ PODSZUECK
VOCAL 1o.	ING. MIGUEL ANGEL SANCHEZ GUERRA
VOCAL 2o.	ING. JACK DOUGLAS IBARRA SOLORZANO
VOCAL 3o.	ING. JUAN ADOLFO ECHEVERRIA MENDEZ
VOCAL 4o.	BR. FERNANDO WALDEMAR DE LEON CONTRERAS
VOCAL 5o.	BR. PEDRO IGNACIO ESCALANTE PASTOR
SECRETARIO	ING. FRANCISCO JAVIER GONZALEZ LOPEZ

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN  
GENERAL PRIVADO

DECANO	ING. JORGE MARIO MORALES GONZALEZ
EXAMINADOR	ING. MAURICE BERNARD MULET
EXAMINADOR	ING. JULIO CESAR CONTRERAS
EXAMINADOR	ING. JESUS HORACIO GUERRA
SECRETARIO	ING. EDGAR JOSE A. BRAVATTI CASTRO

Guatemala, 18 de Agosto 1,995.

Ingeniero  
Jorge Siguere R.  
Director  
Escuela de Ingeniería Mecánica  
Facultad de Ingeniería, USAC.  
Presente.

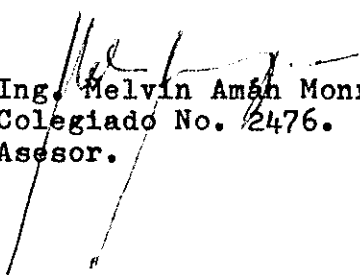
Estimado Ingeniero Siguere:

Me complace informarle que el trabajo de tesis titulado "CALCULO Y DISEÑO DE MEZCLADORAS PARA LA FABRICACION DE BLOQUES DE PIEDRA POMEZ", realizado por el estudiante universitario OSCAR ARMANDO AMADO QUINONEZ, ha sido concluido satisfactoriamente.

En tal virtud y considerando que dicho trabajo de tesis cumple con los requisitos que exige la Facultad de Ingeniería; por lo que recomiendo su aprobación.

Sin otro particular me suscribo de Usted,

Atentamente,

  
Ing. Melvin Amán Monroy G.  
Colegiado No. 2476.  
Asesor.



**FACULTAD DE INGENIERIA**

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería  
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,  
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica  
y Regional de Post-grado de Ingeniería  
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12  
Guatemala, Centroamérica

El Coordinador del Área de Diseño de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del asesor, y, habiendo revisado en su totalidad el trabajo titulado **Cálculo y Diseño de Mezcladoras para la Fabricación de Bloques de Piedra Pómez**, del estudiante **Oscar Armando Amado Quiñónez**, recomienda la autorización.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

*Pedro E. Kubes*

Ing. Pedro Enrique Kubes Zacek

Coordinador de Área

Guatemala, septiembre de 1,995.

/bedei.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central



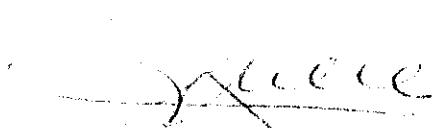
FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería  
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,  
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica  
Regional de Post-grado de Ingeniería  
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12  
Guatemala, Centroamérica

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, después de conocer el dictamen del asesor, con el visto bueno del Coordinador del Area de Diseño al trabajo de tesis titulado Cálculo y Diseño de Mezcladoras para la Fabricación de Bloques de Piedra Pómez, del estudiante Oscar Armando Amado Quiñónez, procede a la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

  
Ing. Jorge C. Sigüere Rockstroh

DIRECTOR DE ESCUELA

Guatemala, septiembre de 1,995.

/bedei





FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica Eléctrica, Escuela Técnica, Ingeniería en Sistemas, Ingeniería Electrónica y Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos.

Apartado Postal 217-1-01-007, Guatemala  
Ciudad Universitaria, Zona 12  
Guatemala, Centroamérica

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, Ingeniero Jorge C. Siguere Rockstroh, al trabajo de tesis titulado **Cálculo y Diseño de Mezcladoras para la Fabricación de Bloques de Piedra Pómez**, presentado por el estudiante universitario Oscar Armando Amado Quiñónez, procede a la autorización para la impresión del mismo.

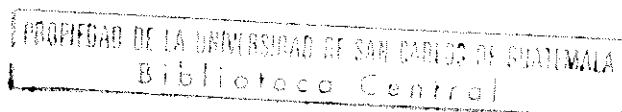
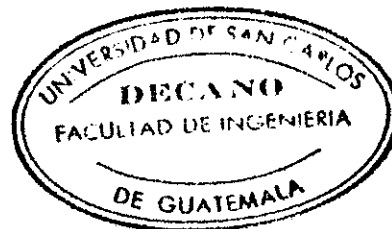
IMPRIMASE

ING. JULIO ISMAEL GONZALEZ PODSZUECK

DECANO

Guatemala, noviembre de 1,995.

/bedei.



ACTO QUE DEDICO

A MI PADRE CELESTIAL	CREADOR DEL UNIVERSO
A MIS PADRES TERRENALES	FELIX AMADO VELIZ MARIA ANGELICA QUIÑONEZ R.
A MIS HERMANOS	EDGARDO RENE OLGA ARACELY SONIA ELIZABETH (QEPD)
A MIS ABUELOS	FACTOR QUIÑONEZ VELA (QEPD) MARIA DEL SOCORRO RUIZ (QEPD) LOCADIO AMADO LOPEZ (QEPD) MARIA NIEVES VELIZ G.
A MIS SOBRINAS	LESLIE GUISELA JENNIFER ALEIDA ODILYN MCBINA MISHEL ANNELIS
A MI FAMILIA EN GENERAL	
A MIS AMIGOS	
A LOS COMPAÑEROS DE PROMOCION	
A USTED	



TESIS QUE DEDICO

ESPECIALMENTE A LA PERSONA QUE CON SUS ESFUERZOS ME INICIO  
Y ME MOTIVO, APOYANDOME SIEMPRE PARA PODER REALIZAR ESTE TRABA-  
JO: MI QUERIDA MADRE: MARIA ANGELICA QUIÑONEZ RUIZ

A MI PATRIA: GUATEMALA

A LOS ESTABLECIMIENTOS EDUCATIVOS DONDE ME INICIE

A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

A LA FACULTAD DE INGENIERIA

## AGRADECIMIENTOS

AL FINALIZAR ESTE TRABAJO DE TESIS, DESEO DEJAR ESCRITO MI AGRADECIMIENTO.

A EL ASESOR DEL MISMO, POR SUS SABIAS CORRECCIONES, QUE ENRIQUECIERON LA INVESTIGACION.

A EL PERSONAL DE LA FABRICA DE BLOCKS "SAN GREGORIO" SITUADA EN "GRANJAS ITALIA", MANZANA 9, VILLA NUEVA, EN PARTICULAR AL INGENIERO CASTELLANOS GONGORA, POR SU GRAN COLABORACION EN LA INVESTIGACION DE CAMPO.

A TODAS LAS PERSONAS QUE EN UNA U OTRA FORMA CONTRIBUYERON PARA LA REALIZACION DEL TRABAJO DE TESIS.

## INDICE

GRÁFICAS, FIGURAS Y TABLAS	I
SÍMBOLOS	VI
GLOSARIO	VII
OBJETIVOS	XIII
INTRODUCCIÓN	XIV

### Página

#### CAPÍTULO I

##### 1. GENERALIDADES

1.1 Mezcladora .....	1
1.2 Tipos de mezcladoras .....	1
1.3 Usos .....	2
1.4 Mezclas .....	2
1.5 Proporciones de materiales de mezcla para fabricar bloques .....	3

#### CAPÍTULO II

##### 2. PARTES DE LA MEZCLADORA

2.1 Estructura .....	25
2.2 Eje .....	25
2.3 Aspas .....	26
2.4 Chumaceras .....	26
2.5 Ruedas dentadas .....	27

## INDICE (Continuación)

	Página
2.6 Compuertas .....	28
2.7 Motor .....	28
2.8 Reductor de velocidades .....	30
2.9 Acoplamientos flexibles .....	30
2.10 Correas de transmisión .....	32
CAPÍTULO III	
3. DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA MEZCLADORA EN PARTICULAR	
3.1 Definición del problema .....	33
3.2 Cálculo del volumen y peso de la mezcla .....	33
3.3 Estructura .....	39
3.4 Soldadura .....	54
3.5 Aspas .....	61
3.6 Cálculo de dimensiones de rueda dentada y piñón	72
3.7 Eje .....	84
3.8 Chavetas .....	89
3.9 Compuertas .....	92
3.10 Selección del acoplamiento .....	95
3.11 Reductor de velocidades .....	96
3.12 Piezas de la mezcladora .....	98
CAPÍTULO IV	
4. CONSTRUCCION DE LA MEZCLADORA	
4.1 Estructura .....	117
4.2 Montaje de chumaceras .....	119

## INDICE (Continuación)

	Página
4.3 Montaje de eje .....	120
4.4 Montaje de aspas .....	121
4.5 Montaje de ruedas dentadas .....	122
4.6 Montaje de tolva .....	123
4.7 Montaje de compuertas .....	124
4.8 Montaje de motor y caja de cambio de velocidades .....	125
4.9 Pruebas .....	127
4.10 Modificaciones .....	127
 CAPÍTULO V	
5. MANTENIMIENTO Y RECOMENDACIONES	
5.1 Mantenimiento preventivo .....	128
5.2 Recomendaciones para su perfecto uso .....	130
 CONCLUSIONES	
	XV
RECOMENDACIONES	
	XVI
REFERENCIAS	
	XVII
BIBLIOGRAFÍA	
	XVIII

## GRÁFICAS, FIGURAS Y TABLAS

GRAFICAS:		Página
Gráfica 1	Peso específico aparente para arena pómez de Villa Nueva.	12
Gráfica 2	Absorción para arena pómez de Villa Nueva.	13
Gráfica 3	Componentes de la tensión resultante.	58
Gráfica 4	Trazo de aspa en un plano tridimensional.	63
FIGURAS:		
Figura 3.1	Bloque de piedra pómez de 15 x 20 x 40 centímetros.	34
Figura 3.2	Volumen de vacío central del bloque.	34
Figura 3.3	Volumen triangular.	35
Figura 3.4	Volumen de pirámide.	35
Figura 3.5	Volumen de vacíos laterales del bloque.	35
Figura 3.6	Volumen de paralelepípedo rectangular.	35
Figura 3.7	Volumen triangular.	36
Figura 3.8	Volumen triangular.	36
Figura 3.9	Volumen de pirámide.	36
Figura 3.10	Forma de estructura de mezcladora.	40
Figura 3.11	Dimensiones del casco de mezcladora.	41
Figura 3.12	Dimensiones de tolva de mezcladora.	42
Figura 3.13	Dimensiones de tapaderas de casco de mezcladora.	43
Figura 3.14	Dimensiones de camisa de casco de mezcladora.	44

## GRÁFICAS, FIGURAS Y TABLAS (Continuación)

		Página
Figura 3.15	Esfuerzos en tolva de mezcladora.	47
Figura 3.16	Centroide de tolva de mezcladora.	48
Figura 3.17	Momento flexionante y carga axial	49
Figura 3.18	Esfuerzos normales de vértice en tolva de mezcladora.	51
Figura 3.19	Esfuerzos en el casco de mezcladora.	52
Figura 3.20	Peso total de mezcla sobre cordones de soldadura.	54
Figura 3.21	Centro de gravedad de los cordones de soldadura.	54
Figura 3.22	Forma de aspas.	61
Figura 3.23	Dimensiones de aspa.	64
Figura 3.24	Centroide de aspa.	65
Figura 3.25	Brazo de aspas laterales.	67
Figura 3.26	Brazos de aspas centrales.	68
Figura 3.27	Diagrama de momento flexionante.	69
Figura 3.28	Momento de torsión.	70
Figura 3.29	Diagrama de momento torsor en B.	71
Figura 3.30	Secciones del piñón.	78
Figura 3.31	Secciones de rueda dentada,	79
Figura 3.32	Diagrama de momentos.	86
Figura 3.33	Sección de chaveta.	89
Figura 3.34	Compuerta de entrada.	92
Figura 3.35	Compuerta de salida.	92
Figura 3.36	Dimensiones de compuerta.	93

GRÁFICAS, FIGURAS Y TABLAS (Continuación)

		Página
Figura 3.37	Mecanismo de compuertas.	94
Figura 3.38	Acoplamiento.	95
Figura 3.39	Pieza codificada de casco de mezcladora.	100
Figura 3.40	Piezas codificadas de casco de mezcladora.	101
Figura 3.41	Piezas codificadas de tolva y casco de mezcladora.	102
Figura 3.42	Piezas codificadas de tolva de mezcladora.	103
Figura 3.43	Piezas codificadas de tolva de mezcladora.	104
Figura 3.44	Piezas codificadas de mecanismo de compuertas de entrada y salida de mezcladora.	105
Figura 3.45	Piezas codificadas de mecanismo de compuerta de salida de mezcladora.	106
Figura 3.46	Piezas codificadas de mecanismo de compuertas tanto de entrada como de salida y de entrada de mezcladora.	107
Figura 3.47	Piezas codificadas de mecanismo de compuertas tanto de entrada como de salida de mezcladora.	108
Figura 3.48	Piezas codificadas de aspas de mezcladora.	109
Figura 3.49	Piezas codificadas de aspas de mezcladora.	110
Figura 3.50	Piezas codificadas de mecanismo motriz de mezcladora.	111
Figura 3.51	Piezas codificadas de mecanismo motriz de mezcladora.	112
Figura 3.52	Piezas codificadas de mecanismo motriz de mezcladora.	113
Figura 3.53	Piezas codificadas de mecanismo motriz de mezcladora.	114



GRÁFICAS, FIGURAS Y TABLAS (continuación)

		Página
Figura 3.54	Piezas codificadas de mecanismo motriz de mezcladora.	115
Figura 3.55	Piezas codificadas de mecanismo motriz de mezcladora.	116
Figura 4.1	Montaje de tapaderas de casco de mezcladora.	117
Figura 4.2	Montaje de camisa de casco de mezcladora.	118
Figura 4.3	Montaje de chumacera.	119
Figura 4.4	Montaje de eje.	120
Figura 4.5	Montaje de aspas.	121
Figura 4.6	Montaje de ruedas dentadas.	122
Figura 4.7	Montaje de tolva.	123
Figura 4.8	Montaje de compuertas.	124
Figura 4.9	Montaje de motor y caja de cambio de velocidades.	125
Figura 4.10	Mezcladora.	126
 TABLAS:		
Tabla 1	Pesos unitarios de arenas seleccionadas.	5
Tabla 2	Estudio de granulometría.	6
Tabla 3	Porcentajes de retención, módulo de finura por peso y volumen para una arena procedente de Villa Nueva.	8
Tabla 4	Estudio del Cemento Portland del tipo I.	16
Tabla 5	Cantidad de cemento por metro cúbico para una resistencia determinada.	21
Tabla 6	Cantidad estimada de agua en litros/M. <sup>3</sup>	22

GRÁFICAS, FIGURAS Y TABLAS (Continuación)

		Página
Tabla 7	Cálculo del centro de gravedad de los cordones de soldadura.	55
Tabla 8	Cálculo del Centroides de Aspas.	65

## LISTA DE SÍMBOLOS

$\theta$	ÁNGULO
$\varphi$	ÁNGULO DE PRESIÓN
$\rho$	DENSIDAD
$\phi$	DIÁMETRO
$\sigma$	ESFUERZO DE MATERIAL A TENSIÓN O COMPRESIÓN
$\omega$	PESO ESPECÍFICO
$\Sigma$	SUMATORIA

## GLOSARIO

1. ABSORCIÓN Difusión de gases en líquidos y sólidos o de líquidos en sólidos.
2. ADÉNDUM Distancia radial del círculo de paso al diámetro exterior en un engranaje cilíndrico de dientes rectos.
3. ADÉNDUM CORDAL Distancia de la parte superior del diente a la cuerda que corresponde al arco del espesor circular en un engranaje cilíndrico de dientes rectos.
4. AISI Siglas del Instituto Americano del Hierro y del Acero.
5. ALABE Cada una de las paletas curvas de la rueda hidráulica, que reciben el impulso del agua.
6. ALCALIS Hidróxidos de elementos eminentemente metálicos, p.ej. sodio.
7. ALUMINA Aluminio.
8. ÁNGULO DE PRESIÓN Ángulo comprendido entre el perfil del diente y una línea en el círculo de paso, en un engranaje cilíndrico de dientes rectos.
9. ASA Siglas de la Asociación Americana de Estándares.
10. ASME Siglas de la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos.
11. ASTM Siglas de la Sociedad Americana de Ensayos de Materiales.
12. AUTOCLAVE Recipiente de cierre estanco, capaz de resistir presiones superiores a la atmosférica.
13. BASTIDOR Elemento o conjunto de elementos que en una máquina, constituyen el soporte de las partes mecánicamente esenciales.
14. BUJE Anillo que se usa en ejes.

15. BULONES Pequeño cilindro hueco que une el pistón a la excentricidad (pie) de la biela.
16. CALCINACION Operación efectuada en los hornos de cal para eliminar, mediante el calor el anhídrido carbónico ( $\text{CO}_2$ ) del carbonato calcico ( $\text{CaCO}_3$ ) y obtener el óxido de calcio  $\text{CaO}$ , Cal viva.
17. CALORIMETRIA Medición del calor específico.
18. CALOR ESPECIFICO Cantidad de calor que por kilogramo necesita un cuerpo para que su temperatura se eleve en un grado centígrado.
19. CARCAZA Envolvente o parte externa que se utiliza para el recubrimiento de máquinas, mecanismos etc.
20. CARGA DINAMICA Ecuación resultante de los errores de forma y espaciado de los dientes de un engranaje cilíndrico de dientes rectos.
21. CARGA LIMITE DE DESGASTE Se le llama así, a la carga que soportan los dientes al entrar en contacto con otros dientes, en un juego de engranajes.
22. CENTROIDE Punto en donde, aplicando una sola fuerza vertical, se podrían equilibrar todas las de la gravedad que actúan en una área.
23. CLINKER Nódulos de material cocido y sin moler (cemento).
24. CLORUROS Combinación del cloro con un metal o ciertos no metales.
25. COEFICIENTE DE LEWIS Coeficiente que se utiliza en la ecuación de la flexión a los dientes de los engranajes.
26. CORROSION Rápida alteración de los metales producida por acciones químicas, electroquímicas, físicas o microbio-

- lógicas.
27. CS Coeficiente de seguridad que se aplica a materiales para evitar que trabajen en valores de esfuerzo máximo.
28. CHAVETAS Cuñas que se utilizan para asegurar poleas, engranajes y otros, en los ejes.
29. DEDÉN DUM Distancia radial entre el círculo de paso y el diámetro de la raíz del diente, en un engranaje cilíndrico de dientes rectos.
30. DENSIDAD Relación entre la masa y el volumen de un cuerpo.
31. DIÁMETRO PRIMITIVO Diámetro del círculo de paso, en un engranaje cilíndrico de dientes rectos.
32. EMBOLO Disco que se ajusta y mueve en el interior del cuerpo de una bomba o del cilindro de una máquina para enrrearer o comprimir un fluido o para recibir movimiento.
33. FLEXIÓN Fenómeno en virtud del cual un cuerpo sufre una deformación normal al esfuerzo a que se halla sometido.
34. FRAGUAR Dicho del cemento, llegar a trabar y a endurecer.
35. FUERZA CENTRIFUGA Fuerza normal al movimiento de rotación de un cuerpo alrededor de un punto, que tiende a alejarlo de él.
36. GENERATRIZ Línea o plano que al moverse engendra respectivamente una superficie o un cuerpo.
37. HOLGURA Magnitud por la cual se corta el espacio entre dientes más profundo que la profundidad o altura de trabajo.

38. ISOMETRICO Son los isomorfismos (igualdad de forma) entre espacios métricos.
39. LUZ ESTROBOSCOPICA Luz que permite la observación de las diversas fases del movimiento periódico de un cuerpo y la medición de la frecuencia de este movimiento (Tacómetro estroboscópico).
40. MATRAZ Recipiente esférico de vidrio, con el fondo plano y el cuello largo, de diversas capacidades.
41. MOMENTO DE INERCIA Es la integral del producto de los elementos del área de la sección por el cuadrado de las distancias.
42. MOMENTO FLEXIONANTE Parámetro característico de una barra elástica, fija por uno o ambos extremos, sobre la que actúan fuerzas que tienden a doblarla.
43. MOMENTO TORSOR Momento de un par aplicado a una barra cilíndrica, de manera que ésta esté sometida a una torsión respecto al propio eje.
44. NÓDULO Masa esférica, elipsoide u ovoide, en general de forma redonda, frecuentemente de estructura cristalina radiada, que se encuentra en algunas rocas.
45. NITRACIÓN Proceso de adición del grupo  $\text{NO}_2$  a un átomo de carbono.
46. NORMALIZADO Tratamiento térmico al que se somete el acero bruto de colada o de fragua, de grosera cristalización.
47. PASO DIAMETRAL Número de dientes del engranaje que hay en cada pulgada del diámetro del círculo de paso.
48. PESO ESPECÍFICO Es el peso de la unidad de volumen de un cuerpo, y se mide en  $\text{N/m}^3$  dinas  $/\text{cm}^3$  o  $\text{Kg/m}^3$ .
49. POTENCIA Es el trabajo realizado por una fuerza en la unidad de tiempo, es decir  $P = dT/dt$ .

50. PROBETA Tubo graduado de vidrio que se utiliza en el laboratorio para la medición de volúmenes de líquidos.
51. RADIO Es la distancia constante de todos los puntos que forman una circunferencia al centro de la misma.
52. RADIO PRIMITIVO Es la distancia constante de todos los puntos del círculo de paso, al centro del mismo, en un engranaje cilíndrico de dientes rectos.
53. REVENIDO Tratamiento térmico a que se someten las aleaciones metálicas, y sobre todo los aceros, con el fin de atenuar los efectos de un temple demasiado enérgico.
54. ROBLONADO Unión de dos chapas o partes metálicas efectuadas por medio de remaches o roblones.
55. RPM Revoluciones por minuto.
56. SAE Siglas de la Sociedad de Ingenieros de Automoción.
57. SATURADO Situación de un gas, un líquido o un sólido, disuelto en un solvente, cuando alcanza su máxima solubilidad (propiedad de los sólidos y gases de disolverse en los líquidos) en el mismo.
58. SIMETRÍA Respecto a una recta o a un plano es la propiedad de una figura geométrica tal que a cada uno de sus puntos P le corresponda un punto P' equidistante de la recta, o del plano.
59. TAMIZ Chapa de metal con orificios circulares fija a un fuerte bastidor de hierro o de madera.
60. TEMPERATURA DE FUSIÓN Temperatura en la que se licúa un sólido.
61. TEMPLE Tratamiento térmico al que se someten algunos materiales metálicos



con el fin de conferirles determinadas propiedades mecánicas, que no pueden conseguirse cuando dicho material se halla en estado recocido.

- 62. TENSIÓN DE FLUENCIA      Esfuerzo unitario por encima del cual las deformaciones del material son permanentes.
- 63. TORSIÓN                      Fuerza tangencial a la que está sometido un sólido tubular.
- 64. TRACCIÓN                    Tipo de esfuerzo que se desarrolla en una barra sometida a una fuerza axial dirigida hacia el exterior es decir, tiende al alargamiento de las fibras.

## OBJETIVOS

### a. Generales.

- Dar a conocer las formas de garantizar el diseño de máquinas, si tomamos en cuenta que la ingeniería mecánica nos proporciona las herramientas necesarias para llegar a conocer los resultados exactos, en el diseño y cálculo de máquinas y poder proporcionar las recomendaciones necesarias para su uso, así como las limitantes emanadas de los diferentes cálculos de los elementos que componen una máquina en particular, lo cual se puede generalizar para cualquier tipo de máquina.

### b. Específicos.

- Aplicar todos los conocimientos matemáticos, conocimientos de los cursos profesionales adquiridos para desarrollar el diseño y cálculo de una máquina en particular, dando a conocer los resultados de los cálculos y especificando la tarea para la cual fue diseñada, y garantizar de esta forma el perfecto uso de la máquina.

## INTRODUCCION

En nuestro alrededor podemos observar con facilidad, que muchas de las cosas que utilizamos, han sido el resultado de la combinación de varios elementos que existen en la naturaleza, y que desde hace muchos años, el ser humano ha venido mezclando con el propósito de mejorar las condiciones de la humanidad.

De donde podemos decir que la utilización de mezcladoras está generalizada en la producción industrial, tanto en la industria alimenticia, como en la industria no alimenticia.

El presente trabajo de tesis "Cálculo y Diseño de Mezcladoras para la Fabricación de Bloques de Piedra Pómez", viene a exponer en una forma bastante interesante, el cálculo y diseño de todos los elementos de máquina, que componen una mezcladora en particular.

Este trabajo se basa en los principios fundamentales de: momentos torsionantes, resistencia de materiales, soldadura, mecanismos, dibujo técnico y ensamble de elementos de máquina.

El contenido de este trabajo da inicio con una exposición teórica y práctica de todo lo relacionado con mezcladoras, como: tipos de mezcladoras, usos, clases de mezclas y un estudio de proporciones de materiales de mezcla de concretos livianos que utilizan como base principal la piedra pómez, donde podemos conocer los diferentes bancos de piedra pómez existentes en Guatemala, y las propiedades de los diferentes componentes de las mezclas de concretos livianos.

Luego se expone una descripción de las partes de la mezcladora que se van a utilizar en el cálculo y diseño de una mezcladora en particular.

Seguidamente se llega al diseño, dimensionamiento, cálculo de esfuerzos de los diferentes elementos de máquina que componen la mezcladora, selección de componentes, y especificación de materiales que se utilizarán en la construcción de la mezcladora; finalizan el capítulo con la codificación de las piezas de la mezcladora.

Se concluye con el montaje de los componentes de la mezcladora, y con la presentación de un isométrico de la mezcladora construida en su totalidad, así como unas recomendaciones y un programa de mantenimiento preventivo, el cual puede servir de base para realizar su propio programa de mantenimiento.

Se espera que todo lo descrito sirva de guía a las personas que por uno u otro motivo deseen informarse sobre este tema.

CAPÍTULO UNO

1.

## GENERALIDADES

Aunque existen varios tipos de mezcladoras, lo cual depende de el genero de materiales que se deben trabajar, como se describe a continuación, lo importante es que nuestro trabajo se enfoque principalmente sobre las mezcladoras para fabricar bloques de piedra pómez, u otros productos de mezclas similares.

### 1.1 Mezcladora

Se puede definir una mezcladora como una máquina capaz de mezclar totalmente dos o más materias líquidas o sólidas.

### 1.2 Tipos de mezcladoras

Existen numerosos tipos de características adecuadas al género de materiales que deben trabajar:

#### 1.2.1 Mezcladoras para líquidos

Son recipientes en cuyo interior gira un agitador de paletas accionado por una transmisión de engranajes o de correas.

#### 1.2.2 Mezcladoras para sólidos

Estas mezcladoras pueden mezclar materiales pastosos o pulverulentos, y son de diversos tipos:

1.2.2.1 Mezcladoras helicoidales, de un diámetro de 300 a 800 milímetros y hasta de un largo de 6 metros.

1.2.2.2 Tambores cilíndricos metálicos provistos de paletas en su parte superficial interior; o bien tambores de madera o hierro giratorios, que giran alrededor de un eje inclinado respecto al eje geométrico del tambor; tienen diámetros de 600 a 2,000 milímetros y longitudes de 2 a 3 metros con volumen hasta de 6,000 litros o más; para el mezclado de materiales, se llenan tan sólo a un tercio de su capacidad.

1.2.2.3 Amasadoras, llamadas así por utilizarse sobre todo para amasar materiales pastosos, pero adaptados también para materiales pulverulentos, constan de un cajón de planchas en el que giran dos hélices de perfil especial, en sentido contrario y a velocidades diferentes, con una relación de velocidades de 1 a 2 o de 1 a 3, que efectúan de 20 a 40 vueltas/minuto.

1.2.2.4 Calandrias, o mezcladoras de cilindro, constituidas por un cajón de planchas que contiene dos rodillos cilíndricos giratorios en sentido contrario a velocidades distintas con una relación de velocidades aproximada de 1 a 1,2, los que

producen una fricción de material. Los dos rodillos son desplazables para poder regular su distancia recíproca y a menudo son refrigerados interiormente.

En grandes mezcladoras, los rodillos alcanzan un diámetro de 800 milímetros y una longitud de 2 a 3 metros.

#### 1.2.2.5 Mezcladoras automáticas.

Formadas por un recipiente aproximadamente cilíndrico en el que funcionan dos rotores de forma especial que giran en sentido contrario.

El material cae de una tolva, es comprimido en el interior del cilindro por un embolo accionado por aire comprimido, es descargado por una portezuela apropiada situada en la parte inferior, que está provista de un sistema de refrigeración.

### 1.3 Usos

Existen una gran variedad de usos de mezcladoras dentro de los cuales podemos destacar: fábricas de alimentos, laboratorios farmacéuticos, fábricas de materiales de construcción, fábricas de plásticos etc.

### 1.4 Mezclas

Existen diferentes clases de mezclas, las cuales están agrupadas de la siguiente forma:

#### 1.4.1 Químico-físicas:

Sistema heterogéneo cuyos constituyentes, llamados fases, se pueden separar mecánicamente mediante procesos físicos como livigación, filtración, decantación y fuerzas eléctricas y magnéticas. Los constituyentes de la mezcla conservan sus propiedades y permanecen independientes. Se pueden producir mezclas entre sustancias sólidas, sólidas y líquidas, sólidas y gaseosas, líquidas, líquidas y gaseosas, y gaseosas. Las mezclas siguen sólo las leyes físicas, y esta peculiaridad las distingue de los compuestos.

1.4.1.1 Mezclas frigoríficas: mezcla preparada con el fin de conseguir un descenso de temperatura aprovechando el calor de solución, de dilución, de fusión o de evaporación.

1.4.1.2 Mezclas azeotrópicas: mezclas de dos o más

líquidos que hierve a temperatura constante y destila completamente sin cambiar de composición.

1.4.1.3 Mezclas detonantes: mezcla de hidrógeno ( 2 partes) y de oxígeno ( 1 parte ), o de hidrógeno y aire, que puede, por combinación de los componentes, dar lugar a una reacción explosiva. Existen también mezclas detonantes formadas por la combinación de oxígeno con varios hidrocarburos gaseosos o con monóxido de carbono. Cada mezcla detonante tiene a una determinada temperatura su punto de inflamabilidad.

1.4.1.4 Mezclas carburantes: mezclas especiales, compuestas por dos o más carburantes líquidos ( gasolina, benzol, etc. ) con adición o no de compuestos antidetonantes, empleadas en la alimentación de motores de combustión. Para los motores de combustión de dos tiempos, la mezcla carburante está compuesta de gasolina y un pequeño porcentaje de aceite.

1.4.1.5 Mezclas distécticas: proporción de una mezcla tal, cuyo punto de fusión o congelación es máximo.

1.4.1.6 Mezclas eutécticas: mezclas de dos componentes en proporción tal, que cristalizan simultáneamente a una temperatura constante y fija llamada punto de eutexia.

1.4.1.7 Argamasas: podemos considerar como las mezclas de cal, arena y agua que en las obras de albañilería se utilizan para asegurar o unir entre sí las piedras o los ladrillos.

1.4.1.8 Mezclas sulfonítricas: mezclas de ácidos nítrico y sulfúrico empleada en la nitración y nitrificación.

1.5 Proporciones de materiales de mezcla para fabricar bloques.

Para llegar a determinar las proporciones adecuadas de los materiales de mezcla, es preciso conocer sus características físicas y químicas.

Por lo tanto, empezaremos por conocer las propiedades de los materiales de mezcla, sin dejar de mencionar primero, que los materiales de mezcla utilizados en la fabricación de bloques de piedra pómez son los siguientes:

Arena de piedra pómez.  
Cemento.  
Agua.  
Admixturas.

### 1.5.1 Propiedades de las arenas pómez seleccionadas

#### 1.5.1.1 Características físicas

Todo material utilizado en la mezcla debe producir en ella, ciertas cualidades deseables y ser lo más económico posible.

Dentro de las cualidades deseables tenemos: resistencia mecánica y resistencia a las inclemencias del tiempo, impermeabilidad, soportar acciones erosivas, resistencia a la acción desintegrante de los sulfatos, resistente al ataque químico de aguas saladas o suelos agresivos y particularmente: peso liviano, aislamiento térmico o acústico, resistencia al fuego, resistencia a los rayos X o rayos gamma y demás radiaciones de origen nuclear.

La piedra pómez proviene de una roca común de origen volcánico que existe en muchas partes del mundo y son suficientemente fuertes y livianas como para utilizarse como agregado de bajo peso. Como se indicó, su ligereza se debe al hecho de ser lavas esponjosas, cuyas celdas se formaron por escape de los gases al producirse enfriamiento brusco de la masa derretida; de hecho se les ha llamado con mucha propiedad "espumas sólidas". Es generalmente de color claro o casi blanco y tiene una textura bastante uniforme de pequeñas celdas interconectadas.

En Guatemala, se encuentra la piedra pómez en casi toda la República; las existentes fueron exploradas en Huehuetenango, Quezaltenango, Escuintla, Sacatepéquez, Guatemala, Santa Rosa y Jutiapa.

Características físicas que deben conocer para determinar una proporción adecuada de piedra pómez en la mezcla:

- 1.5.1.1.1 Peso unitario volumétrico seco.
- 1.5.1.1.2 Granulometría.
- 1.5.1.1.3 Peso específico.
- 1.5.1.1.4 Absorción.
- 1.5.1.1.5 Contenido de materia orgánica.

#### 1.5.1.1.1 Peso unitario volumétrico seco

El peso volumétrico es la relación entre el peso de un material y el volumen ocupado por el mismo, expresado en kilogramos por metro cúbico. Existen dos valores para esta relación



que dependen del sistema de acomodamiento que se le haya dado al material inmediatamente antes de la prueba; estos dos valores o denominaciones son "Peso Volumétrico suelto" y "Peso Volumétrico apisonado".

En el peso volumétrico, influye también el grado de humedad del agregado.

Resultados obtenidos de las arenas seleccionadas, en el cuadro a continuación:

TABLA No. 1  
PESOS UNITARIOS DE ARENAS SELECCIONADAS

Muestra de:	Peso Unitario en Kg/m <sup>3</sup>
Villa Nueva	820.00
Mixco	829.30
Ciudad Universitaria	814.16
Frutal No. 1	818.00
Frutal No. 2	822.00
Frutal No. 3	816.65

#### 1.5.1.1.2 Granulometría

El tamaño de los granos juega un papel muy importante en la dosificación de la mezcla y se determina pesando una muestra de agregado seco que se hace pasar a través de una serie de tamices. La proporción en que se encuentran los granos de distintos tamaños, expresados en tanto por ciento, constituye la composición de la granulometría de la muestra.

Procedimiento empleado para determinar la granulometría

Todas las muestras se pasan previamente por un tamiz de 9.41 milímetros (3/8").

1. Se separa una muestra de una cantidad de peso determinado de material.
2. La cantidad pesada se coloca en una serie de tamices, los que son colocados en una tamizadora durante 15 minutos.
3. Las proporciones retenidas en cada tamiz son pesadas y transformadas en por cientos (porcentajes) acumulativos de la cantidad total pesada.
4. Los resultados obtenidos se pueden trasladar a curvas granulométricas para su mejor comprensión.

A continuación, se presenta un estudio hecho con arena pómez de un banco de piedra pómez de Villa Nueva, el cual nos dio los resultados siguientes:

TABLA No. 2

<u>Tamiz</u>	<u>Fracción</u>	<u>% Pasa</u>	<u>% Retenido</u>
3/8"	9.81 mm	100.00	0.00
No. 4	4.76 mm	99.70	0.30
No. 8	2.38 mm	93.60	6.40
No. 16	1.19 mm	65.90	34.10
No. 30	0.39 mm	16.20	83.80
No. 50	0.29 mm	3.30	96.70
No. 100	0.15 mm	1.60	98.40

Módulo de Finura: 3.19

Se observa la tendencia de los agregados a presentar una característica gruesa con módulo de finura alto, ya que los agregados poseen la mayor parte de partículas entre los tamices de 2.38 mm (No. 8) y 297 micrón (No. 50); esta característica influye de una manera provechosa en la trabajabilidad de la mezcla de concreto cuando se adiciona un inclusor de aire.

### 1.5.1.1.3 Peso específico y 1.5.1.1.4 Absorción

#### Definición

Si se hace una sección a través de cualquier piedra y se amplifica su superficie, se vea que está hasta cierto grado olveolada con capilaridades y huecos de aire menudos.

El volumen real de piedra es por lo tanto, menor que el volumen aparente, ya que este último incluye todos los espacios ocupados por el aire. Pueden entonces obtener tres diferentes valores para el peso específico, a saber:

1. Peso específico absoluto o real
2. Peso específico aparente
3. Peso específico aparente sobre la base de saturación con superficie seca

1. El peso específico absoluto o real es el peso de la unidad de volumen de la piedra real, sin que tal volumen incluya los huecos de aire.
2. El peso específico aparente calculado sobre la base de material seco, es el peso de la unidad de volumen de una pieza de piedra seca, que incluye los huecos de aire y capilaridades impermeables en el volumen.
3. El peso específico aparente sobre la base de saturación con superficie seca, es el peso de la unidad de volumen de una piedra saturada con la superficie seca; el volumen incluye tanto la piedra como el agua absorbida, y los vacíos o huecos de aire impermeables.

El problema más difícil es decidir cuándo el agregado está saturado pero con superficie seca. En el laboratorio, se utiliza un ventilador con aire caliente que facilita la operación cuando el agregado está húmedo y el objetivo es mover la arena para que la película de agua desaparezca del agregado.

El peso específico es un índice útil y rápido de la aptitud de un agregado, pues un valor bajo indica que se trata de materiales porosos, débiles y absorbentes; los valores altos indican compactidad, dureza, resistencia. Por lo tanto, la valorización del peso específico de los agregados es condición determinante para seleccionarlos de acuerdo con su peso, compactidad y resistencia de la mezcla que se quiera dosificar para un objetivo determinado. El peso específico y el peso unitario con en consecuencia valores que nos indican la porosidad o compactidad de un material.

El peso específico de agregados de peso normal es sensible-

mente igual para las diferentes fracciones de los mismos; esto nos indica que una granulometría hecha con porcentajes en peso es una indicación verdadera de los porcentajes en volumen, sin embargo, el peso específico aparente de las diferentes fracciones de agregados livianos se incrementa cuando el tamaño de la partícula decrece.

Algunas partículas retenidas en tamiz No. 4 flotan en el agua, mientras que material retenido en tamiz No. 100 puede tener un peso específico similar a la arena normal.

Por lo tanto, se debe considerar que el volumen ocupado por cada fracción y no el peso del material retenido en cada tamiz es el que determina el contenido de vacíos y el contenido de cemento; además de que es este volumen el que gobierna la trabajabilidad de la mezcla.

A manera de información, se adjunta en la tabla a continuación, los porcentajes retenidos en cada tamiz y módulo de finura por peso y por volumen para una arena con procedencia de Villa Nueva, tomando como valor de peso específico promedio el indicado en la misma tabla.

El módulo de finura de 4.02 por volumen en el ejemplo de tabla No. 3, indica una graduación más gruesa de la que suponía el módulo de finura por peso, y señala el requerimiento del agregado liviano de materiales finos para proveerla de una graduación más uniforme.

TABLA No. 3

Módulo de finura (por peso); 3.75      Módulo de finura (por Vol.); 4.02

Tamiz	Abertura en mm	% Retenido individual	% Retenido acumulado	Peso específico	% Retenido x Volumen	% Retenido acumulativo
4	4.76	4.6	4.6	1.1	5.84	5.84
8	2.38	26.2	30.8	1.35	32.27	38.11
16	1.19	30.5	61.3	1.53	33.16	71.27
30	0.59	25.2	86.5	2.11	19.86	91.13
50	0.297	8.5	95.0	2.44	5.79	96.92
100	0.149	2.4	97.4	2.70	1.48	98.40
Pasa		2.6	100.0	2.72	1.60	100.00

## Absorción

La absorción mide la cantidad de agua expresada en % del peso de material seco que es capaz de absorber un material, y depende directamente de la porosidad de los materiales y de la intercomunicación de sus poros.

La determinación de la absorción en los agregados es de importancia principal, pues fija la cantidad de agua en la dosificación de la mezcla, ya que además del agua necesaria para hidratación de los aglomerantes hay que sumar el agua que absorberán los agregados.

La absorción en los agregados livianos, (pómez con más propiedad) es un problema muy difícil de resolver, de ahí que la Norma ASTM C-127 y ASTM C-128 que señalan el procedimiento para obtener el peso específico aparente y el % de Absorción (después de 24 horas en agua) no es aplicable para este tipo de agregado.

La diferencia básica con el agregado normal está en que la pómez posee una mayor capacidad de absorción, debido a su naturaleza celular.

El contenido de humedad de un agregado liviano después de estar en contacto con el agua depende del tiempo de exposición y del contenido de humedad inicial del agregado; esto no sucede con agregados naturales a los cuales basta una presaturación normalizada de 24 horas.

Agregados livianos que poseen una humedad inicial cualquiera, absorben porcentajes de humedad mayores que agregados livianos inicialmente secos, para un mismo período de inmersión. Esto aparentemente se traduce en el hecho de que mezclas hechas con agregados livianos inicialmente secos contienen menos agua total que iguales mezclas hechas con similares agregados que han sido humedecidos previamente.

Todas estas consideraciones acerca de la absorción y peso específico de los agregados livianos, nos obligan a presentar un estudio de estas características, con el objeto de presentar un mejor proporcionamiento de materiales de mezcla.

## Estudio

Se siguió el procedimiento descrito en Norma ASTM C-128-65 en lo que se refiere al proceso; la única variante fue la de usar material con diferentes humedades contenidas. A manera de información, se adjunta una hoja de trabajo que describe la forma de obtener el peso específico aparente de las partículas para

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central

una humedad dada.

1. La muestra fue dividida en dos fracciones:

1.1 Tamaño mayor de tamiz de 2.38 mm

1.2 Tamaño menor de tamiz de 2.38 mm

Esta división se efectuó para obtener valores de las dos fracciones que pudieran unirse después, conforme los % en que se encontraran en la muestra.

Luego fue sumergida en agua durante 3 días, a partir de los cuales fue sacada y colocada en una bandeja, y se le sometió a la acción de un ventilador para ir la secando lentamente. Fueron obteniéndose pesos específicos para diferentes estados de humedad.

Los resultados aparecen en gráficos juntamente con los valores obtenidos en los ensayos.

Ensayo de peso específico aparente

1.- Material: arena pómez (fracción retenida en tamiz 4.76 mm)

2.- Fecha: 4 marzo 1,969.

3.- % Humedad

3.1- Peso No. 1	44.0 g
3.2- Peso No. 2	41.20g
3.3- Diferencia	2.80g
3.4- Arena húmeda	10.00g
3.5- % Humedad	38.80%

4.- Volumen agua agregada

4.1- Peso de matraz + agua	921.30g
4.2- Peso matraz	498.50g
4.3- Peso agua agregada	422.80g
4.4- Corrección por temperatura	0.998
4.5- Volumen de agua agregado	423.73cc

5.- Peso específico

5.1- Peso frasco + agua + material	705.50g
5.2- Peso frasco + agua	681.10g
5.3- Peso del material	100.00g
5.4- Volumen del material	76.22cc
5.5- Volumen de agua desplazada	76.27cc
5.6- Peso específico aparente	1.31

Succión aplicada en punto 5.1 : 830 gramos/cm<sup>2</sup>

#### % Absorción

El procedimiento seguido para este ensayo es similar al seguido para obtener valores de peso específico en cuanto a la preparación de la muestra.

El material fue introducido en la probeta y llenado con agua hasta una marca indicada, en un tiempo promedio de 1 y medio minutos (90 segundos) a partir del contacto con el agua, con el objeto de medir la absorción con más exactitud. Para los estados de humedad próximos a 0%, este procedimiento llega a ser inexacto debido a la absorción casi instantánea que se observa en el material, razón por la cual las gráficas fueron hechas hasta un límite de 5% de humedad a partir de la cual sí se lograron valores más reales.

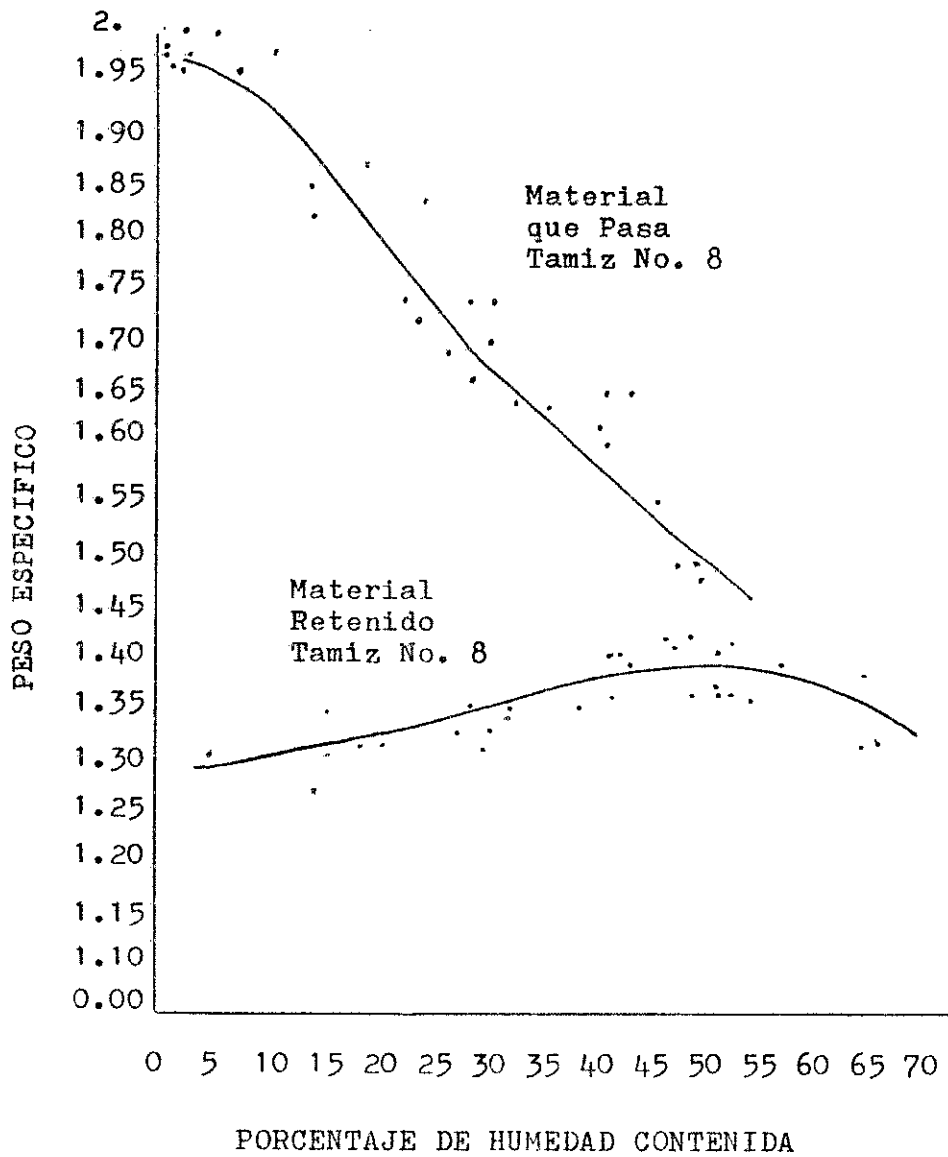
Dato obtenido por demás importante es el tiempo de succión a un vacío de: 830 g/cm<sup>2</sup> a que fue sometida la probeta para remover el aire que hubiere atrapado en el material y que osciló entre 30 ± 5 segundos; la succión de aire fue retirada cuando se observó ausencia de burbujas de aire salidas del material. Se notó que esta succión representó en forma más cercana las condiciones en que trabaja el material en la mezcla. Para otros agregados es probable que el tiempo de succión puede variar.

Este estudio dio como resultado, las siguientes consideraciones:

- 1.- El agregado liviano denominado pómez posee una gran absorción y al mismo tiempo una gran velocidad de absorción.
- 2.- El contenido de humedad del agregado liviano pómez en una mezcla, depende del tiempo de inmersión (contacto con el agua) y de la humedad inicial que posea.
- 3.- La absorción y el peso específico del agregado liviano pómez dependen del contenido de humedad, y por lo tanto de la humedad inicial del agregado y del tiempo de contacto con el agua, al hacer la mezcla.
- 4.- Para una porción dada de pómez, las diferentes fracciones de tamaños poseen humedades diferentes.

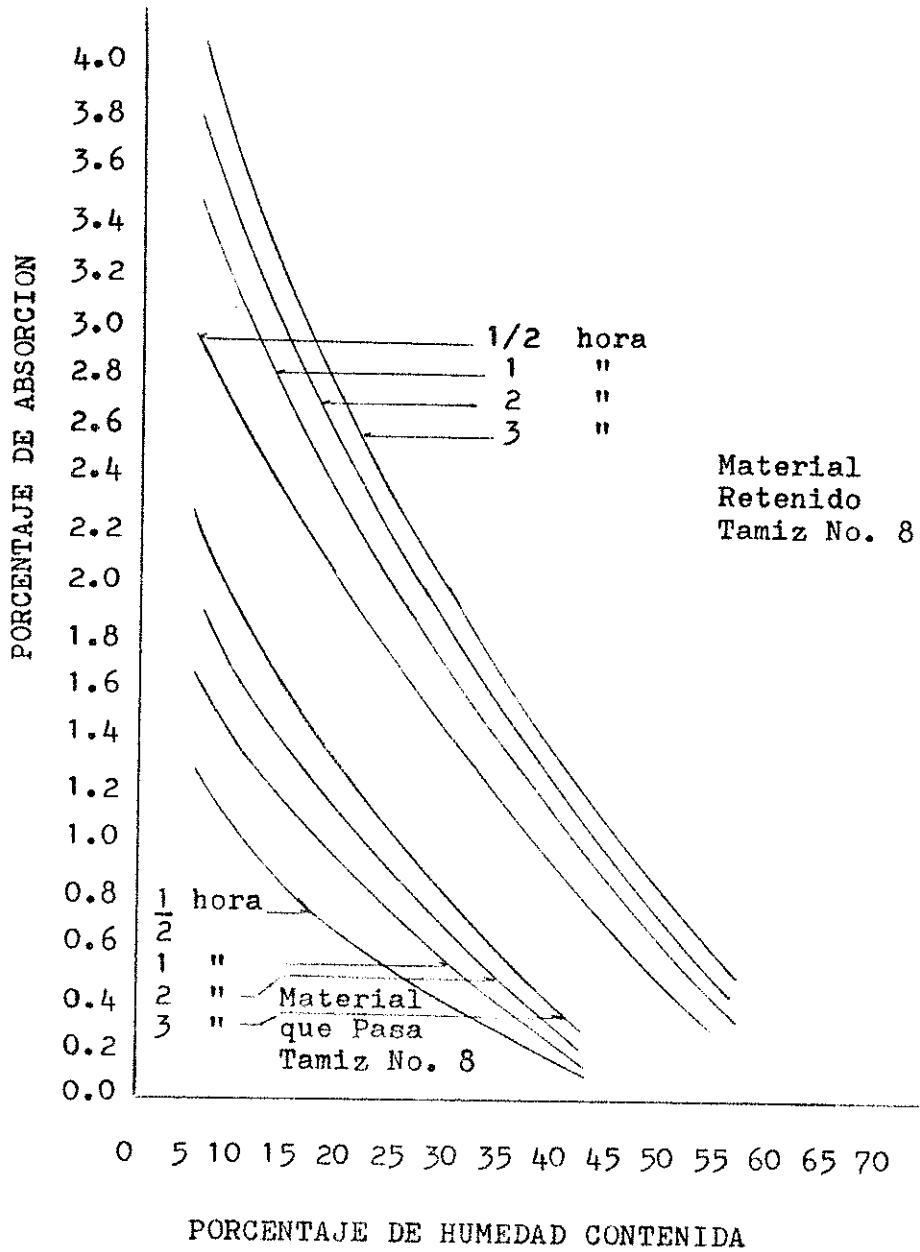
A continuación, se muestran los gráficos de peso específico aparente y absorción para arena pómez de Villa Nueva.

GRAFICA No. 1  
PESO ESPECIFICO APARENTE  
ARENA POMEZ  
VILLA NUEVA





GRAFICA No. 2  
 ABSORCION ARENA POMEZ  
 VILLA NUEVA



1.5.1.1.5 Contenido de materia orgánica  
(Norma ASTM C-40-66)

La materia orgánica es perjudicial en los agregados que van a ser usados para la mezcla debido a que ejercen dos acciones

- 1.- Retardar el endurecimiento de la mezcla
- 2.- Disminuye la resistencia mecánica de la mezcla

La determinación aproximada del contenido de materia orgánica está basado en la siguiente prueba de colorimetría.

Equipo

Frasco de vidrio incoloro de 250 a 350 ml con tapón de hule y graduación cada 25 ml.

Solución de sosa cáustica al 3% o sea 30 gramos de NaOH en agua destilada hasta completar un litro de solución.

Tabla de color patrón según ASTM C-40.

Procedimiento

- 1.- Se coloca la arena seca en el frasco hasta la marca de 130 ml (4 y media onzas).
- 2.- Se agrega la solución de sosa cáustica hasta que el volumen de la arena y el líquido una vez agitado, lleguen a la marca de 200 ml (7 onzas).
- 3.- Se tapa el frasco con el tapón de hule, se agita vigorosamente durante 2 minutos y se deja reposar durante 24 horas.
- 4.- Transcurrido ese tiempo, se compara por transparencia el color del líquido que se encuentra sobre la arena con el color patrón.

Si el color del líquido arriba de la arena es más claro que el color patrón (No. 3), indica que el contenido de materia orgánica es inferior al límite fijado, por lo tanto, la arena es aceptable. Si al contrario, el color del líquido es más oscuro que el color patrón (No. 3), y por lo tanto el contenido de materia orgánica puede ser superior al límite aceptable, la arena debería ser estudiada más detenidamente.

En el caso de las arenas pómez estudiadas, el ensayo de materia orgánica dio como resultado colores muy claros, lo que indica que estos materiales casi no tienen materia orgánica.

## 1.5.2 Propiedades del cemento

### Definición

La ASTM da en sus especificaciones la siguiente definición del Cemento Portland Artificial: "Cemento Portland Artificial es el producto obtenido por molienda fina de clinker, producido por una calcinación hasta la temperatura de fusión incipiente, de una mezcla íntima, rigurosa y homogénea de materiales arcillosos y calcáreos, sin adición posterior a la calcinación, excepto yeso calcinado o no calcinado y en cantidad no mayor que el 3%".

### Composición

Los principales constituyentes de un Cemento Portland son: cal, sílice y alúmina; contiene pequeñas cantidades de óxido de hierro, magnesia, álcalis y bioxido de carbono.

### Química del Cemento Portland

De investigaciones realizadas se ha llegado a la conclusión que en el Cemento Portland los elementos cálcico, sílice, alúmina y hierro se combinan para formar: Aluminato tricálcico, silicato dicálcico y Ferro-aluminato tetracálcico, principalmente.

Cuando el cemento se mezcla con el agua, la acción química empieza entre los varios componentes del cemento y el agua.

En las primeras etapas, la pequeña cantidad de retardador (sulfato de calcio-yeso) entra rápidamente en solución, lo cual permite que ejerza su influencia sobre las otras reacciones químicas que están empezando. Estas reacciones resultan en la formación de varios compuestos, las cuales producen las siguientes características:

- 1.- Aluminato tricálcico: es un compuesto que se hidrata muy rápidamente y produce considerable cantidad de calor, ocasiona el fraguado o rigidez inicial, pero contribuye muy poco a la resistencia última; es menos resistente al ataque químico, y es vulnerable a la acción desintegrante de los sulfatos del agua del subsuelo; debido a sus cambios de volumen, induce el agrietamiento.
- 2.- Silicato tricálcico: es un compuesto que gelatiniza que en muy pocas horas genera grandes cantidades de calor. La cantidad formada en la reacción de fraguado tiene marcado efecto sobre la resistencia de la mezcla en sus primeras etapas, principalmente en los primeros 14 días.
- 3.- Silicato dicálcico: es un compuesto que evoluciona lentamente con poca generación de calor. Es el que ocasiona el

incremento progresivo de la resistencia a partir de los 14 días en adelante. Cuando la proporción formada de este compuesto es alta, se producen cementos de alta resistencia al ataque químico y el valor del enogimiento es pequeño. Producen por lo general los cementos Portland más durables.

4.- Ferro-Aluminato tetracálcico: este compuesto es de poca importancia, desde el punto de vista de la resistencia, pero da resistencia al ataque de sulfatos y tiende a bajar el calor de hidratación del Cemento Portland.

Este análisis hecho sobre la composición del cemento Portland y de la influencia de los varios compuestos en sus propiedades, indica que puede lograrse una variación muy grande en las características, cambiando las proporciones de los materiales que entran en su manufactura.

Se han hecho estudios de Cemento Portland del tipo I, al someterlo a los métodos de prueba dio como resultado el siguiente:

Ensayo	Cemento Novella	ASTM C-150 Tipo I
1.- Peso Específico	3.12	
2.- Fineza Blaine $\text{cm}^2/\text{gr}$	2979	mínimo: 2800
3.- Consistencia Normal	26%	
4.- Expansión Autoclave	0.05%	máximo: 0.70%
5.- Fraguado Gillmore		
5.1 Inicial	3 hrs.	mínimo: 1 hora
5.2 Final	5:10 "	máximo: 10 horas
6.- Fraguado Vicat		
6.1 Inicial	2:15 "	mínimo: 45 minutos
7.- Compresión $\text{kg}/\text{cm}^2$		
3 días	139.16	mínimo: 84.36 $\text{kg}/\text{cm}^2$
7 días	229.40	mínimo: 147.63 $\text{kg}/\text{cm}^2$
28 días	339.76	mínimo: 246.05 $\text{kg}/\text{cm}^2$
8.- Tensión $\text{kg}/\text{cm}^2$		
3 días	23.32	mínimo: 10.55 $\text{kg}/\text{cm}^2$
7 días	28.36	mínimo: 19.33 "
28 días	31.29	mínimo: 24.61 "

### 1.5.3 Propiedades del agua

#### Definición

Es un cuerpo formado por la combinación de un volumen de oxígeno y dos de hidrógeno. Es un líquido inodoro, insípido, en pequeña cantidad incoloro y verdoso en grandes masas, que refractan la luz, disuelve muchas sustancias, se solidifica por el frío, se evapora por el calor y, más o menos puro, forma la lluvia, las fuentes, los ríos y los mares.

Existen diferentes clases dentro de las que mencionaremos las siguientes:

- 1.- Alcalina: la que contiene carbonatos o bicarbonatos alcalinos o alcalinotérreos.
- 2.- Blanda: la que tiene en disolución una pequeña cantidad de sales.
- 3.- Dura: la que lleva en disolución mucho yeso, por lo cual endurece las legumbres que en ella se cuecen.
- 4.- Potable: la carente de sustancias orgánicas en suspensión; es clara, incolora, inodora e insípida, y su residuo salino es inferior al 5%.

La densidad del agua, en el sistema técnico de unidades, es  $1000/9.80665 = 101.972$  (UTM/cm<sup>3</sup>) o kg seg<sup>2</sup>/m<sup>4</sup>. En el sistema cgs, la densidad del agua es 1 g/cm<sup>3</sup> a 4<sup>o</sup> c.

El peso específico del agua para las temperaturas más comunes es de 1000 kg/m<sup>3</sup>.

El agua que debe usarse para la fabricación de mezclas debe estar libre de materia nociva tal como sedimentos, arcilla, materia orgánica y ácidos orgánicos, álcalis y otras sales.

Los cloruros que se encuentran en el agua de mar, por ejemplo, son propensos a causar corrosiones serias en el refuerzo, si la mezcla no es densa e impermeable.

En conclusión, se puede decir que dentro de las clases de aguas descritas, el agua potable es segura y conveniente para la fabricación de mezclas.

### 1.5.4 Aditivos o admixturas

Son sustancias que se agregan al cemento para impartir alguna característica especial en la mezcla, por ejemplo: incrementar la impermeabilidad, mejorar la trabajabilidad, acelerar o retardar el fraguado, aumentar la resistencia inicial, etc. Los aditivos se agregan directamente al cemento durante su manufactura y las admixturas se agregan al hacer la mezcla.

Una descripción somera de las admixturas más comunes se enumeran en seguida:

#### 1.5.4.1 Cloruro de calcio

Es una admixtura que se usa para acelerar la velocidad de desarrollo de la resistencia en climas fríos.

La cantidad máxima aceptada generalmente es de 2% en peso sobre el cemento; se considera que cantidades mayores pueden aumentar las contracciones por secamiento.

#### 1.5.4.2 La cal

La cal apagada se ha usado con la idea de mejorar la manejabilidad e impermeabilidad, aunque esta idea no es muy segura; se usa también para neutralizar la materia orgánica que puedan tener los agregados.

Otros materiales tales como la tierra de Diatomácea, bentonita, caolín y polvos de rocas pueden incrementar la trabajabilidad y cohesividad de las mezclas pero como los materiales finos consumen más agua con lo que incrementan la relación agua-cemento y disminuyen la resistencia. En realidad al aumentar estos materiales, si bien se produce buena trabajabilidad, se reduce la acción adhesiva o de agarre de la pasta de cemento con los agregados, lo que ocasiona pérdida de resistencia.

Las puzolanas son aquellos materiales que en presencia de la cal o el cemento, adquieren propiedades hidráulicas. Además, tienen la ventaja de mejorar la durabilidad del concreto sujeto a la acción agresiva de los sulfatos. La desventaja de usar puzolanas como aditivo para la mezcla reside en la disminución que se experimenta en la velocidad de endurecimiento.

#### 1.5.4.3 Impermeabilizantes

Son sustancias variadas que previenen la absorción de agua dentro de la mezcla. Gradualmente el agua de lluvia disuelve estos materiales y reduce su efectividad.

#### 1.5.4.4 Inclusores o atrapadores de aire

Los agentes atrapadores de aire facilitan la entrada

de aire en la masa de mezcla, e incrementan la manejabilidad del mismo sin aumentar la relación agua-cemento. Además incrementa la durabilidad de la mezcla particularmente referida a la resistencia al hielo, por el efecto amortiguador de los vacíos al avanzar el congelamiento del agua. Se estima que los atrapadores de aire reducen en el concreto la tendencia a la formación de grietas finas que facilitan el paso del agua, debajo de las partículas más grandes de agregado. Por lo tanto, esta ventaja beneficia a la mezcla en lo que se refiere a su impermeabilidad y durabilidad.

Se ha observado que los cambios de contenido de aire atrapado en una mezcla varían con la granulometría del agregado para una misma cantidad de inductor o atrapador de aire, por lo que debe usarse cuando el control de mezcla es muy bueno.

Los atrapadores de aire evitan también la disgregación que se observa en concretos hechos con agregados que poseen diferencias en sus pesos específicos o de graduaciones inadecuadas; con ello, se estabiliza la mezcla en el proceso de fabricación, transporte y colocado.

Conocidas las propiedades de los materiales de mezcla, se pueden seleccionar los materiales de mezcla más adecuados; esto es, el cemento y agregados; las proporciones más económicas de cemento y agua, y los diferentes tamaños de agregados, pueden producir una mezcla que tenga las propiedades requeridas. Las principales propiedades para las cuales se diseñan las mezclas ordinarias hechas con agregados naturales que cumplen requisitos fijados por las normas existentes para agregados, son el grado de trabajabilidad y la resistencia a compresión. En casos en que la durabilidad sea un requisito especial, esta circunstancia se toma en cuenta al escoger los materiales y diseñar la mezcla.

#### Descripción general

La resistencia y durabilidad de la mezcla está principalmente relacionada con el contenido de cemento de la mezcla para una trabajabilidad dada y con la granulometría y tipo de partículas del agregado que va a usarse.

Una vez determinada la resistencia y trabajabilidad requeridas, los datos de cantidad de cemento y cantidad aproximada de agua para alcanzar la trabajabilidad deseada, se asumen de datos experimentales obtenidos o bien de las experiencias del diseñador.

El % de aire atrapado también se obtiene con base en datos experimentales o de experiencia.

Las cantidades de agua y cemento son reducidos a volúmenes

absolutos que juntamente con el volumen de aire forman el sustrando de 1 metro<sup>3</sup> para obtener el volumen absoluto del agregado.

Para conocer el peso del contenido de arena pómez, es necesario conocer su peso específico aparente para su humedad actual, y es en este punto, cuando se empleará el dato experimental que aparece en la relación peso específico-% humedad.

Una vez encontrado el peso específico de las partículas para su estado de humedad actual y conocido el volumen absoluto que deben ocupar, se calcula el peso del material y con ello podremos calcular la proporción en peso de la mezcla para el estado de humedad actual, del agregado.

#### Procedimiento:

En consecuencia, debe seguirse el siguiente procedimiento para obtener el peso específico y el % de absorción del material.

- 1.- Calcular el % de material que pasa y retiene el tamiz de 2.38 mm (No. 8 USSS) y separar las fracciones para una muestra representativa de 5 kilogramos.
- 2.- Obtener el % de humedad contenida para las dos fracciones.
- 3.- Con los % de humedad y valiéndose de los gráficos correspondientes, se encuentra el peso específico de las partículas y el % de absorción.

#### Ejemplo para encontrar peso específico y % de absorción

- 1.- Procedencia: Villa Nueva
- 2.- Pasa tamiz 2.38 mm (No. 8): 

Peso
1406.50 g = 70.24 %
- 3.- Retiene tamiz 2.38 mm (No. 8): 596.00 g = 29.76 %
- 4.- Contenido de humedad
  - 4.1.- Pasa tamiz 2.38 mm (No. 8):  

18% x 0.7024 =	12.64 %
----------------	---------
  - 4.2.- Retiene tamiz 2.38 (No. 8):  

30% x 0.2976 =	8.93 %
----------------	--------



4.3.- Contenido de humedad promedio = 21.57 %

5.- Peso Específico

5.1.- Pasa tamiz 2.38 mm;	1.85 x 0.7024 =	fracción 1.299
5.2.- Retiene tamiz 2.38 mm:	1.34 x 0.2976 =	<u>0.399</u>
5.3.- Peso Específico promedio	=	1.698

6.- % Absorción

6.1.- Pasa tamiz 2.38 mm:	0.98% x 0.7024 =	fracción 0.688%
6.2.- Retiene tamiz 2.38 mm:	1.70% x 0.2976 =	<u>0.506%</u>
6.3.- % Absorción promedio	=	1.194%

Datos deducidos de cuadros experimentales

El cemento por metro cúbico se obtiene conociendo la cantidad de cemento que produce una resistencia determinada, para diferentes valores de consistencia determinada; estos datos se deducen de la experimentación previa y para la dosificación inicial puede usarse la tabla siguiente.

TABLA No. 5  
CANTIDAD DE CEMENTO POR METRO CUBICO PARA  
UNA RESISTENCIA DETERMINADA

Resistencia en Kg/cm <sup>2</sup>	Asentamiento en cm		
	4 - 8	8- 12	12 - 16
50	5.50	6.00	6.50
75	6.00	6.50	7.00
100	6.50	7.00	7.50
125	7.00	7.50	8.00
150	7.50	8.00	8.50
175	8.00	8.50	9.00
200	8.50	9.00	9.50

Nota: Las cantidades de cemento están en sacos/metro<sup>3</sup> de mezcla.

La cantidad de 5.50 sacos/M<sup>3</sup> para una resistencia media requerida de 50 Kg/cm<sup>2</sup> y un asentamiento de 4 - 8 cm. la podemos encontrar en la tabla anterior.

La cantidad de agua y cantidad de admixturas requeridas las podemos deducir de los datos experimentales obtenidos y tabulados en la siguiente tabla.

TABLA No. 6  
CANTIDAD ESTIMADA DE AGUA EN LITROS/M<sup>3</sup>

Resistencia en Kg/cm <sup>2</sup>	ASENTAMIENTO EN CMS.			Cantidad de admixtura
	4 - 8	8 - 12	12 - 16	
50	215	221	236	78.00 cm <sup>3</sup> /saco
75	214	220	235	"
100	204	210	225	cm <sup>3</sup> /saco 80.00
125	198	204	219	cm <sup>3</sup> /saco 85.00
150	195	200	215	cm <sup>3</sup> /saco 88.71
175	195	200	215	cm <sup>3</sup> /saco 90.00
200	195	200	215	cm <sup>3</sup> /saco 92.00

Cantidad de agua: 215 litros/M<sup>3</sup> para una resistencia media requerida de 50 Kg/cm<sup>2</sup> y un asentamiento de 4 - 8 cm.

Cantidad de admixtura: 78.00 cm<sup>3</sup>/saco de cemento para producir 25% de aire atrapado.

CALCULO DE CANTIDADES DE MATERIALES POR METRO CUBICO DE MEZCLA

$$\begin{aligned}
 1.- \text{Cemento: } 42.63 \times 5.50 &= 234.465 \text{ kg/M}^3 = \frac{234.465}{3.12 \times 1000} \\
 &= 0.075149 \text{ M}^3/\text{M}^3
 \end{aligned}$$

- 2.- Agua  $215 \text{ lts/M}^3 = \frac{215.00}{1000}$   
 $= 0.215000 \text{ M}^3/\text{M}^3$
- 3.- Aire  $= 0.250000$  "
- 4.- Volumen absoluto de cemento + agua + aire  $= 0.540149$  "
- 5.- Volumen absoluto de arena pómez  
 $= 1.00000 - 0.540149 = 0.459851$  "
- 6.- Peso de arena pómez:  $0.459851 \times 1.698 \times 1000$   
 $: 780.83 \text{ Kg/M}^3$
- 7.- Peso unitario: suma de cemento + agua + arena  
 $= 234.465 + 215 + 780.83$   
 $= 1230.295 \text{ Kg/M}^3$

8.- Proporción:

$$\frac{\text{Cemento}}{\text{Cemento}} : \frac{\text{Arena}}{\text{Cemento}}$$

8.1.- Proporción en peso:  $\frac{234.465}{234.465} : \frac{780.83}{234.465}$   
 $= 1 : 3.33$

8.2.- Proporción en Volumen aparente:

a) Volumen aparente de cemento:  $\frac{234.465}{1506}$   
 $= 0.15569 \text{ M}^3/\text{M}^3$

b) Volumen aparente de pómez  $= \frac{780.83}{820.00}$   
 $= 0.95223$

c) Proporción en volumen aparente:  $1 : 6.116$

En conclusión, se tiene que las proporciones de materiales de mezcla para un metro cúbico de material (mezcla), con una resistencia media de  $50 \text{ kg/cm}^2$ , son las siguientes:

Cemento	5.50 sacos/ $\text{M}^3$
Agua	215.00 litros/ $\text{M}^3$
Admixturas	78.00 $\text{cm}^3$ /saco de cemento
Peso de arena pómez	780.83 $\text{kg}/\text{M}^3$
Volumen absoluto de arena pómez	0.459851 $\text{M}^3/\text{M}^3$

Proporciones respecto al cemento y arena pómez

Proporción en peso	1 : 3.33
Proporción en volumen aparente	1 : 6.116

CAPÍTULO DOS

## 2.

## PARTES DE LA MEZCLADORA

En este capítulo daremos una descripción de las partes que componen una mezcladora para la fabricación de bloques de piedra pómez, las cuales van a ser calculadas y seleccionadas en el siguiente capítulo; por el momento se principia por definir lo que es una estructura.

### 2.1.- Estructura

Combinación de cuerpos resistentes capaces de transmitir fuerzas o de soportar cargas, pero cuyas partes no tienen movimiento relativo.

Existen un sin número de estructuras que se podrían mencionar, como estructuras de aviones, estructuras de casas, edificios, puentes, etc., pero lo que más interesa es mencionar un tipo de estructura que se adecue al tipo de máquina a diseñar, por lo que se mencionará la siguiente:

**Estructura monocasco:** tipo de estructura en la cual el material resistente se distribuye con continuidad en todo el contorno de una sección cualquiera del elemento considerado, y es capaz de soportar los esfuerzos exteriores sin necesidad de ser reforzado con armaduras interiores resistentes.

### 2.2.- Eje

Está formado por una pieza de forma cilíndrica, alrededor de la cual giran uno o más cuerpos que pueden ser solidarios o no con ella.

Por ejemplo en un vehículo, el eje está formado por una pieza de acero cilíndrico forjado, en cuyos extremos se montan ruedas de rotación libre y en otros puntos, los soportes del vehículo, cuyo peso se transmite a las ruedas. En otros vehículos, los ejes son solidarios a las ruedas y el vehículo se apoya con sus soportes o aros sobre dos elementos que sobresalen, llamados gorriones. Así son los ejes típicos de los ferrocarriles y tranvías. En el eje fijo, o sea solidario al vehículo y con ruedas de rotación libre, la sollicitación resultante es flexión simple, mientras que en el eje giratorio (eje montado), o sea con las ruedas solidarias, se produce una sollicitación a flexión, periódicamente variable (flexión giratoria) por lo cual, en los calculos de un proyecto, se debe tener en cuenta la fatiga del metal, y tomar cargas de seguridad menores que en el caso de ejes fijos. En las máquinas, se utilizan los dos tipos de ejes: fijo y giratorio.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central

### 2.3.- Aspas

Se pueden definir como cada uno de los brazos que forman una cruz o aspa, del aparato exterior del molino de viento.

Dentro de la estructura de una mezcladora, se pueden definir como, las partes giratorias que van unidas al eje y tienen como función principal, transmitir un movimiento envolvente a la mezcla.

### 2.4.- Chumaceras

También se les llama cojinetes de camisa o manguito. Se conocen en general sus aplicaciones en los motores eléctricos y su empleo ha dado muy buenos resultados durante largos períodos de tiempo; por lo general consiste en un cilindro de acero o de hierro fundido, revestido con babbitt. El babbitt suele ser una aleación a base de plomo o estaño ligado con toda firmeza en el cilindro y elaborado para resistir tolerancias muy precisas y así dar las características óptimas de funcionamiento; ésta base se utiliza en atmósferas muy corrosivas.

Las primeras chumaceras se diseñaron para tener una longitud dos o tres veces mayor que el diámetro. En los métodos actuales, se debe mantener una relación longitudinal/diametral, L/D, entre 1.0 y 1.5 : 1.0.

Esta relación atenúa los efectos dañinos para la chumacera ocasionados por deflexiones del eje con cargas internas y externas.

Por lo general, las chumaceras sólo se emplean en aplicaciones con impulsión o transmisión directa. Una transmisión con banda V requiere que haya tensión entre éstas y la polea. Para transmitir la potencia, estas tensiones se pueden volver tan grandes que no se formará la cuña de aceite que soporta el eje y se quemará la chumacera por el calor originado por el contacto de metal con metal. Una regla que se debe seguir es la transmisión con banda cojinete antifricción.

Las chumaceras pueden soportar con poca dificultad las cargas radiales hasta 150 Lbs/pul<sup>2</sup> de superficie proyectada de la chumacera. Con base en este valor, una chumacera de 3 pulgadas de diámetro y 4 pulgadas de longitud debe soportar una carga total de 1800 Lbs. Se deben tener en cuenta algunos factores que pueden reducir esta capacidad, como por ejemplo, que no esté disponible toda la superficie de la chumacera para soportar la carga o que ciertas partes de la superficie pueden estar rebajadas para formar ranuras o depósitos para aceite. Si se tienen en consideración estos factores, resulta práctico una cifra más conservado-

ra de 70 a 100 Lbs/pul<sup>2</sup> de carga radial permisible, para la chuma cera.

El conjunto se completa con una envuelta o caja, generalmente de fundición, empernada a la máquina.

## 2.5.- Ruedas dentadas

Llamadas también engranajes, es un órgano de máquina montado sobre un eje giratorio y con su superficie interior o exterior provista de unos resaltantes especiales convenientemente perfilados y equidistantes en el sentido de las generatrices llamados dientes.

Este órgano transmite fuerza tangencial sin cargar excesivamente el eje. Dos ruedas dentadas, que encajen una en otra para transmitir el movimiento de rotación entre dos ejes paralelos o inclinados, constituyen un par de ruedas dentadas, y las ruedas se llaman conjugadas.

Se llama piñón a la rueda dentada de menor diámetro del par. Sin embargo, se da el nombre de piñón a cualquier rueda de reducido número de dientes.

Una barra cilíndrica dentada, correspondiente a una rueda dentada de radio infinito, se denomina cremallera.

La rueda dentada de dentado exterior está constituida por el buje o núcleo, manguito de elevado espesor para su calado al eje; por el cuerpo, que es la parte central de pared llena de radios que une el buje con la corona; y por la corona dentada, que es la parte periférica sobre la que se ha practicado, y rara vez se han añadido los dientes.

La rueda dentada de dentado interno está constituida naturalmente tan sólo por la corona dentada provista de una platina anular o de dispositivos idóneos para su sujeción al eje.

Las ruedas dentadas pueden clasificarse en: ruedas cilíndricas, ruedas cónicas, ruedas para cadenas articuladas. Las ruedas cilíndricas pueden ser a su vez: de dientes rectos, de dientes helicoidales, de dientes en flecha y ruedas surtidas.

La rueda cilíndrica de dientes rectos presenta sus dientes paralelos a las generatrices del cilindro en el cual se ha tallado los dientes. Los dientes tienen generalmente perfil envolvente y su generación puede imaginarse realizada por el desplazamiento del perfil a lo largo de la generatriz del perfil del cilindro primitivo, que se mantiene constantemente normal a la generatriz y simétrico respecto a ella.



## 2.6.- Compuertas

Las podemos definir como planchas fuertes encajadas en correderas laterales, por las que puede deslizarse verticalmente.

Para una mejor explicación, se puede mencionar una compuerta desde el punto de vista de una presa de agua, la cual está constituida por una barrera móvil, de madera o hierro, dispuesta transversalmente a un curso de agua, generalmente para regular su caudal. Las compuertas planas, verticales o inclinadas, están formadas por un bastidor de hierro con paredes, de madera de 3 a 4 cms. de espesor o con planchas de hierro de 8 a 10 mm., deslizantes a lo largo de guías convenientemente dispuestas. Las compuertas de hierro para grandes alturas están formadas, a veces por varias partes de madera, que al ir elevándose las inferiores, van arras-trando gradualmente a las superiores. Suelen maniobrarse por mecanismos de poleas o de tornillos sin fin; movidos a mano o con un motor eléctrico. Para ríos de gran caudal se utilizan compuertas cilíndricas, y giratorias alrededor de su propio eje. La maniobra se realiza mediante ruedas helicoidales sobre un eje de rotación de tornillo sin fin.

## 2.7.- Motor

Máquina apropiada para absorber energía de una fuente y transformarla en trabajo mecánico. Los motores no suelen tener finalidad por sí mismos, sino que actúan sobre máquinas operadoras que efectúan trabajos útiles. Según el tipo de energía utilizada, los motores pueden agruparse en numerosas categorías; las más importantes son: motor animal, que transforma en trabajo la energía que puede generar un animal o incluso un ser humano; motor térmico, que transforma el calor en energía mecánica; motor hidráulico, que utiliza la energía contenida en una masa líquida que suele ser agua o a veces, aceite en forma de energía potencial, energía cinética o energía de presión; motor eólico, que utiliza la energía del viento; motor eléctrico, que transforma en trabajo la energía de una corriente eléctrica. Existen también motores puramente mecánicos que utilizan la energía mecánica potencial elástica de un muelle y la energía debida a la gravedad (como ocurre, por ejemplo, en algunos relojes).

Según el movimiento del órgano principal, el motor puede ser giratorio o alternativo y los motores giratorios, si se consideran tales. También las antiguas ruedas hidráulicas para la elevación del agua y para la molienda, son los más antiguos como concepción y realización. Los tipos rotativos modernos están representados por los motores eléctricos y por las turbinas hidráulicas, de vapor y de gas. El motor rotativo suele ser más conveniente que el de tipo alternativo para muchas aplicaciones, puesto que, siendo menos embarazoso y más ligero, libre prácticamente de

vibraciones, da a un par uniforme y funciona a cualquier velocidad (puesto que esta última está sólo limitada por la resistencia del material a la fuerza centrífuga). El motor alternativo tiene la ventaja de ser robusto y puede funcionar con altas presiones; a veces, a pesar de la complicación de la transmisión para transformar el movimiento alternativo en rotativo, es más económico que un motor rotativo que aprovecha la misma forma de energía. Entre los motores de fluido, se establece otra distinción entre motores volumétricos y no volumétricos. Los primeros están constituidos por una cavidad (p.ej. un cilindro) en la que se desplaza con perfecto hermetismo un émbolo, mientras que el trabajo lo produce el aumento de volumen provocado por el fluido motor. Los motores no volumétricos están caracterizados por el hecho de que el fluido recorre las partes móviles, que suelen estar construidas por los álabes de un rotor, y ceden a las paredes la energía mecánica que aumenta el momento de la cantidad de movimiento de la máquina. Otra clase de motores es la que funciona por chorro, cuyo empuje y movimiento consiguiente está originado por la relación provocada al acelerar masas importantes de gases a elevadísimas velocidades; comprende tanto los reactores propiamente dichos, como los cohetes, que reciben el empuje por reacción de los gases generados en una rápida combustión y salen directamente a la atmósfera sin atravesar antes órgano mecánico alguno.

La energía que proporciona un motor no se transforma nunca completamente en trabajo, sino que una parte se pierde inevitablemente por rozamiento o por transmisión del calor. El rendimiento de los motores es muy diferente según los tipos y el género de energía utilizado; llega a valores de más de 90% en turbinas hidráulicas y en motores eléctricos, para descender al 10, 15 % en las máquinas alternativas de vapor. El rendimiento del ciclo completo de transformación de la energía disminuye aún más, si se consideran también los aparatos que proporcionan energía al motor propiamente dicho (central de producción, líneas de transmisión, transportadores, en el caso de motores eléctricos; calderas, tuberías, en el caso de motores de vapor; etc.).

Se llaman motores endotérmicos aquellos que producen energía térmica en su interior, como sucede en los motores diésel, en los motores de ciclo Otto y en las turbinas de combustión interna; tienen la ventaja de la eliminación de las pérdidas debidas al transporte de fluidos, mientras que, a causa de las altas temperaturas generadas, es siempre sensible la pérdida por transmisión directa del calor con el ambiente circulante.

En nuestro trabajo, se utilizará un motor eléctrico trifásico, con voltaje de 220 voltios.

## 2.8.- Reductor de velocidades

Las transmisiones por engranaje y reductores de velocidad se usan ampliamente donde se requieren cambios de velocidad, para dirección de eje, o dirección de rotación entre el elemento motriz principal y la maquinaria impulsada.

Esencialmente, las transmisiones por engranaje incorporan uno o más juegos de engranajes montados en ejes y cojinetes, que incluye un medio positivo de lubricación y encerrados en una caja de engranajes con juntas o empaquetaduras, sellos de aceite y respiraderos para aire apropiados. Además, las transmisiones por engranajes pueden ser equipadas también con alguna combinación de motor eléctrico y accesorios, placas de base u otro equipo para montar la unidad, cojinetes exteriores, un dispositivo para proporcionar protección contra sobrecarga, un medio de prevenir la rotación inversa, y cualquier otro equipo especial que se requiera.

Las transmisiones por engranajes pueden tener muchas ventajas cuando se usan para transmitir fuerzas industriales, incluyen do (1) economía de funcionamiento, (2) adaptabilidad, (3) probablidades de una larga duración, (4) conservación de la potencia y espacio de montaje requerido, (5) mantenimiento mínimo requerido, (6) fu cionamiento seguro, y (7) habilidad para funcionar bajo condiciones adversas.

Los reductores de velocidad han sido usados durante muchos años para reducir la velocidad de rotación del eje entre un motor primario y una máquina impulsada. Este cambio en velocidad produce un correspondiente aumento en el par sobre el eje de salida del reductor, permitiendo motores de alta velocidad relativamente pequeños y de bajo costo para mover máquinas que requireren potencia sustancialmente más alta y velocidades más bajas.

Con el advenimiento de la maquinaria de alta velocidad tal como los compresores rotatorios, ha estado creciendo el volumen y la importancia de los aumentadores de velocidad por engranajes. En la mayoría de los casos, los aumentadores no son simplemente reductores invertidos, sino que implican consideraciones de diseño diferentes a las encontradas en los mecanismos reductores.

Los tipos de engranajes usados en los mecanismos de engranaje industrial incluyen los engranajes cilíndricos de dientes rectos, helicoidales, bihelicoidales, cónicos, cónicos en espiral, hipoides, sinfin, planetario e internos.

## 2.9.- Acoplamientos flexibles

Existen una gran cantidad de fabricantes de acoplamientos flexibles. Sería imposible una relación detallada de cada tipo. por esta razón, la mayoría de la información será confinada a generalidades relacionadas con los tipos encontrados con mayor fre-

cuencia en este campo.

El proposito fundamental de los acoplamientos flexibles es transmitir el par torsional requerido desde el eje impulsor al impulsado y, al mismo tiempo, compensar el desalineamiento angular o paralelo o una combinación de ambos. Hay numerosas funciones complementarias, tales como proporcionar desplazamiento axial y restringir el desplazamiento axial.

Normalmente la relación del valor de un acoplamiento flexible al valor del equipo conectado es aproximadamente de 1 a 100, aunque existen casos individuales en donde la relación puede ser tan baja como de 1 a 20, o tan alta como de 1 a 1000. Con frecuencia, en vista de lo anterior, puede darse poca atención a la selección, especificación, adquisición, instalación y mantenimiento de esta parte. No es raro hallar aplicaciones en donde no se repara en gastos para obtener el mejor elemento transmisor de movimiento que se pueda comprar. De manera parecida, el equipo impulsado puede constar cientos o miles de quetzales.

Básicamente, todos los acoplamientos flexibles se dividen en dos categorías: (1) aquellos que proporcionan flexibilidad por medio de elementos que se deslizan, y (2) aquellos que proporcionan flexibilidad por medio de elementos que flexionan un material, tal como el acero o hule (goma).

Dentro de la primera categoría podemos mencionar:

Acoplamiento tipo de engranajes.  
Acoplamiento tipo Oldham o de bloque y garras.

Dentro de la segunda categoría, se puede mencionar:

Acoplamiento de disco metálico-trabajo rudo, alta velocidad.  
Acoplamiento de disco metálico-trabajo rudo, velocidad media.  
Acoplamiento de eje flotante y disco metálico.  
Acoplamiento de galleta de hule (o goma).

Existe otro que usa una combinación de superficies deslizantes y resortes flexibles para adaptarse a diversas condiciones de desalineamiento; este tipo es:

Acoplamiento de tipo resorte de serpentín plano.

En general, las fallas en los acoplamientos se dividen en dos categorías:

1.- Fallas debidas a defectos internos, tales como un maquinado inapropiado o de mala calidad. Los problemas más comunes tienen que ver con la concentricidad, escuadría de las partes coinciden-

tes y tolerancias sobre los diversos diámetros usados como pilotos o registradores. Los materiales defectuosos han contribuido a muchas fallas prematuras de los acoplamientos. Otra causa de fallas debido a defectos internos es el diseño. La lubricación apropiada en el punto exacto en donde se requiere es un problema formidable y se admite que es difícil conducir el lubricante al área de extrema presión entre las caras deslizantes en contacto del acoplamiento. Esto es particularmente cierto en donde la carga transmitida es suave y uniforme. Bajo tales condiciones, la presión a través de las superficies deslizantes nunca cesa. Si esta presión es suficiente, la película de lubricante es expulsada por ella, y quedan las superficies sin el beneficio de la lubricación. Un acoplamiento de este tipo, aunque esté muy desalineado, no tiene suficiente movimiento deslizante para restablecer la película de lubricante.

2.- Fallas debidas a condiciones externas más allá de la capacidad del acoplamiento. Las más comunes son:

- a.- Selección inapropiada del acoplamiento.
- b.- Desalineamiento excesivo.

#### 2.10.- Correas de transmisión

En la industria, la utilización de correas se hace necesario frecuentemente para reducir las altas velocidades de rotación de los motores eléctricos, a los valores más livianos que se necesitan en los equipos mecánicos.

La reducción de costos operacionales, como de mantenimiento, nos proporciona una base sana para el diseño correcto antes de que pongamos a funcionar cualquier transmisión por medio de correas.

Lo que nos puede dar mayor seguridad, mejor calidad del producto, mayor productividad, mejoramiento de la eficiencia de funcionamiento, costo unitario de producción bajo y utilización económica de las mejores técnicas.

Dentro de los diferentes tipos de sección de las correas trapezoidales múltiples, se van a utilizar para nuestro diseño, el tipo de sección transversal B.

CAPÍTULO TRES

### 3. DISEÑO Y CALCULO DE UNA MEZCLADORA EN PARTICULAR

#### 3.1 Definición del problema:

Se tiene la necesidad de diseñar y calcular una mezcladora para la fabricación de bloques de piedra pómez, que reúna las siguientes características:

- 1.- Que tenga la capacidad de mezclar, un volumen suficiente de mezcla, para fabricar 40 bloques de piedra pómez, de las siguientes medidas: largo 40 cms., ancho 15 cms., altura 20 cms., en cada mezclada, con resistencia de 25 Kg/cm<sup>2</sup>

#### 3.2 Cálculo del volumen y peso de la mezcla

##### 3.2.1 Cálculo del volumen

Para el cálculo del volumen de la mezcla, se puede utilizar la siguiente ecuación:

$$V_M = V_B \times N_B$$

donde,  $V_M$  = Volumen de la mezcla en M<sup>3</sup>

$V_B$  = Volumen del bloque real en M<sup>3</sup>

$N_B$  = Número de bloques.

donde, el volumen del bloque real se define en la ecuación siguiente:

$$V_B = V_{BA} - V_{VB}$$

donde,  $V_{BA}$  = Volumen del bloque aparente en M<sup>3</sup>

$V_{VB}$  = Volumen de los vacíos del bloque en M<sup>3</sup>

### 3.2.1.1. Cálculo del volumen de un bloque

forma,

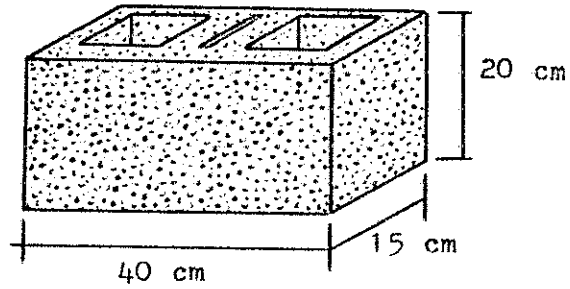


Fig. No. 3.1

Volumen del bloque aparente ( $V_{BA}$ )

$$V_{BA} = b \times a \times h$$

donde,  $b$  = largo en M. (metros)  
 $a$  = ancho en M. "  
 $h$  = altura en M. "

$$V_{BA} = 0.40 \times 0.15 \times 0.20$$

$$V_{BA} = 0.012 \text{ M}^3$$

Volumen de los vacios del bloque ( $V_{VB}$ )

forma del vacio central

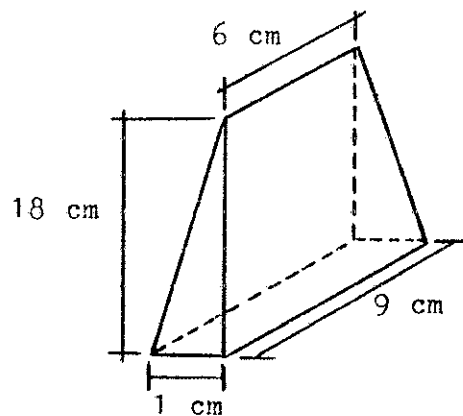


Fig. No. 3.2



Por su forma se obtienen un triángulo y una pirámide de las siguientes medidas:

Triángulo

$$V = \text{volumen en M}^3$$

$$V = 1/2 (b \times a) \times h$$

$$V = 1/2 (0.06 \times 0.01) \times 0.18 \quad 18 \text{ cm}$$

$$V = 5.4 \times 10^{-5} \text{ M}^3$$

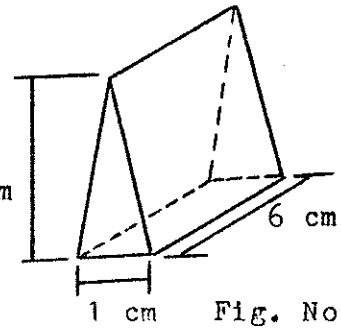


Fig. No. 3.3

Pirámide

$$V = 1/3 \times h \times (b \times a)$$

$$V = 1/3 \times 0.18 \times (0.03 \times 0.01)$$

$$V = 1.8 \times 10^{-5} \text{ M}^3$$

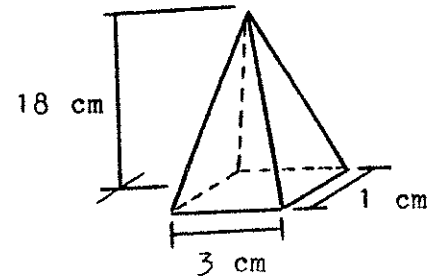


Fig. No. 3.4

forma de los vacios laterales

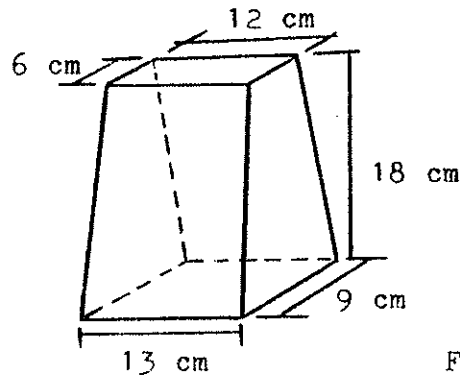


Fig. No. 3.5

Por su forma se obtienen: un paralelepípedo rectángulo, dos triángulos, una pirámide, de las siguientes medidas:

Paralelepípedo rectángulo

$$V = \text{Volumen en M}^3$$

$$V = b \times a \times h$$

$$V = 0.12 \times 0.06 \times 0.18$$

$$V = 1.296 \times 10^{-3} \text{ M}^3$$

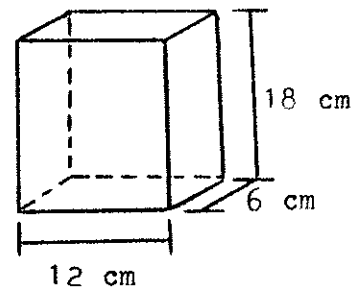


Fig. No. 3.6

Triángulo N.- 1

$$V = 1/2 \times (b \times a) \times h$$

$$V = 1/2 \times (0.12 \times 0.03) \times 0.18$$

$$V = 3.24 \times 10^{-4} \text{ M}^3$$

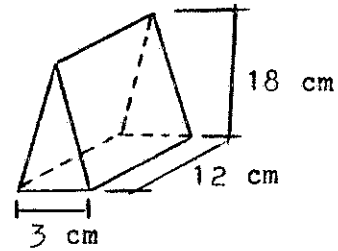


Fig. No. 3.7

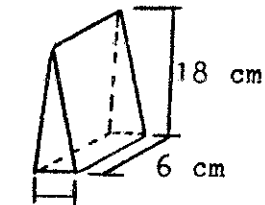
Triángulo N.- 2

$$V = 1/2 \times (b \times a) \times h$$

$$V = 1/2 \times (0.06 \times 0.01) \times 0.18$$

$$V = 5.4 \times 10^{-5} \text{ M}^3$$

Fig. No. 3.8



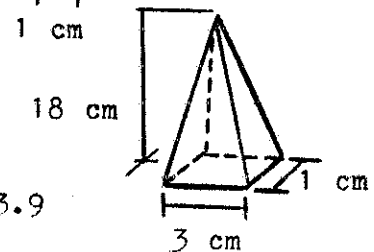
Pirámide

$$V = 1/3 \times h \times (b \times a)$$

$$V = 1/3 \times 0.18 \times (0.03 \times 0.01)$$

$$V = 1.8 \times 10^{-5} \text{ M}^3$$

Fig. No. 3.9



de donde tenemos que el volumen de los vacios del bloque ( $V_{VB}$ ) es el siguiente:

$$V_{VB} = 5.4 \times 10^{-5} + 1.8 \times 10^{-5} + (1.296 \times 10^{-3} + 3.24 \times 10^{-4} + 5.4 \times 10^{-5} + 1.8 \times 10^{-5}) \times 2$$

$$V_{VB} = 3.456 \times 10^{-3} \text{ M}^3$$

Volumen del bloque real  $V_B$ .

$$V_B = V_{BA} - V_{VB}$$

$$V_B = 0.012 - 3.456 \times 10^{-3}$$

$$V_B = 8.544 \times 10^{-3} \text{ M}^3$$

Volumen de la mezcla ( $V_M$ )

$$V_M = V_B \times N_B$$

$$V_M = 8.544 \times 10^{-3} \times 45$$

$$V_M = 0.3845 \text{ M}^3$$

Nota: se le dieron 5 bloques de más por las perdidas en el manejo de los materiales.

Podemos concluir, que el volumen de mezcla necesaria para producir 40 bloques es:

$$V_M = 0.3845 \text{ M}^3$$

### 3.2.2 Cálculo del peso de la mezcla

Necesitamos una mezcla que cumpla con las siguientes características:

Resistencia	25 kg/cm <sup>2</sup>
Asentamiento	de 1 a 4 cms.

Se calculará la mezcla para un metro cúbico M<sup>3</sup> tomándo en cuenta las características mencionadas, luego se deducirán para el volumen deseado, el peso de la mezcla y las proporciones de los materiales de mezcla.

#### 3.2.2.1 Cantidad de agua

La cantidad de agua depende mucho del estado de humedad que tenga la arena pómez, también tiene relación directa a la docilidad que se desee, así para concretos secos - plásticos, se emplea menor cantidad de agua que para concretos plástico-fluidos.

En esta clase de mezclas, debe tomarse en cuenta el % de aire atrapado, porque éste influye también en la docilidad de las mezclas, de tal manera, que una mezcla con un alto % de aire atrapado requiere menos agua total, que una mezcla con bajo % de aire atrapado, para una misma docilidad.

Para estimar la cantidad de agua necesaria, la tabla No. 5 puede servir de guía, de donde se obtiene una cantidad de agua de 210 litros/m<sup>3</sup> para las características requeridas.

#### 3.2.2.2 Cantidad de cemento

Se han recopilado datos a base de cuadros experimentales, los cuales se pueden tomar como punto de partida, más la experiencia de campo, se puede tomar para las condiciones



Proporción en volumen aparente:  $\frac{0.084920}{0.084920} : \frac{1.033217}{0.084920}$   
 1 : 12

### 3.2.2.4 Cantidad de admixtura

La cantidad de admixtura:  $75.00 \text{ cm}^3/\text{saco}$  de cemento para producir 25 % de aire atrapado, tomando como punto de partida la tabla No. 6 del capítulo No. 1.

Deduciendo las cantidades de materiales de mezcla para el volumen deseado, tenemos los pesos siguientes, para un volumen de mezcla  $V_M = 0.3845 \text{ M}^3$

Cantidad de agua:	81 litros	= 81.00	kg.
Cantidad de cemento:	1.15 sacos	= 49.00	"
Cantidad de arena = peso de arena pómez = P=		326.00	"
Cantidad de admixtura (resina Vinsol)		= $7.00 \times 10^{-5}$	"
Peso total de la mezcla = Pt		= 456.00	kg.

## 3.3 Estructura

### 3.3.1 Forma de estructura

La figura siguiente muestra la forma de la estructura, la cual es una de las más recomendables para mezcladoras de este tipo, porque permite que una menor cantidad de material de mezcla se acumule en las paredes, además permite que una menor área de dicha mezcladora soporte los roces ocasionados por la rugosidad de los materiales de mezcla, y permite mayor libertad de movimiento a los materiales de mezcla y produce una mezcla más homogénea.

El tipo de mezcladoras dentro del cual podemos clasificar esta mezcladora es el tipo de mezcladora para sólidos.

Las dimensiones de la estructura que se dan a continuación nos permiten mezclar holgadamente cuarenta bloques; se dan estas dimensiones, debido a que por experiencia se ha llegado a la conclusión, que es mejor que los materiales de mezcla ocupen un volumen que esté por debajo del eje que sostiene las aspas, con el propósito de evitar demasiados esfuerzos sobre éste.

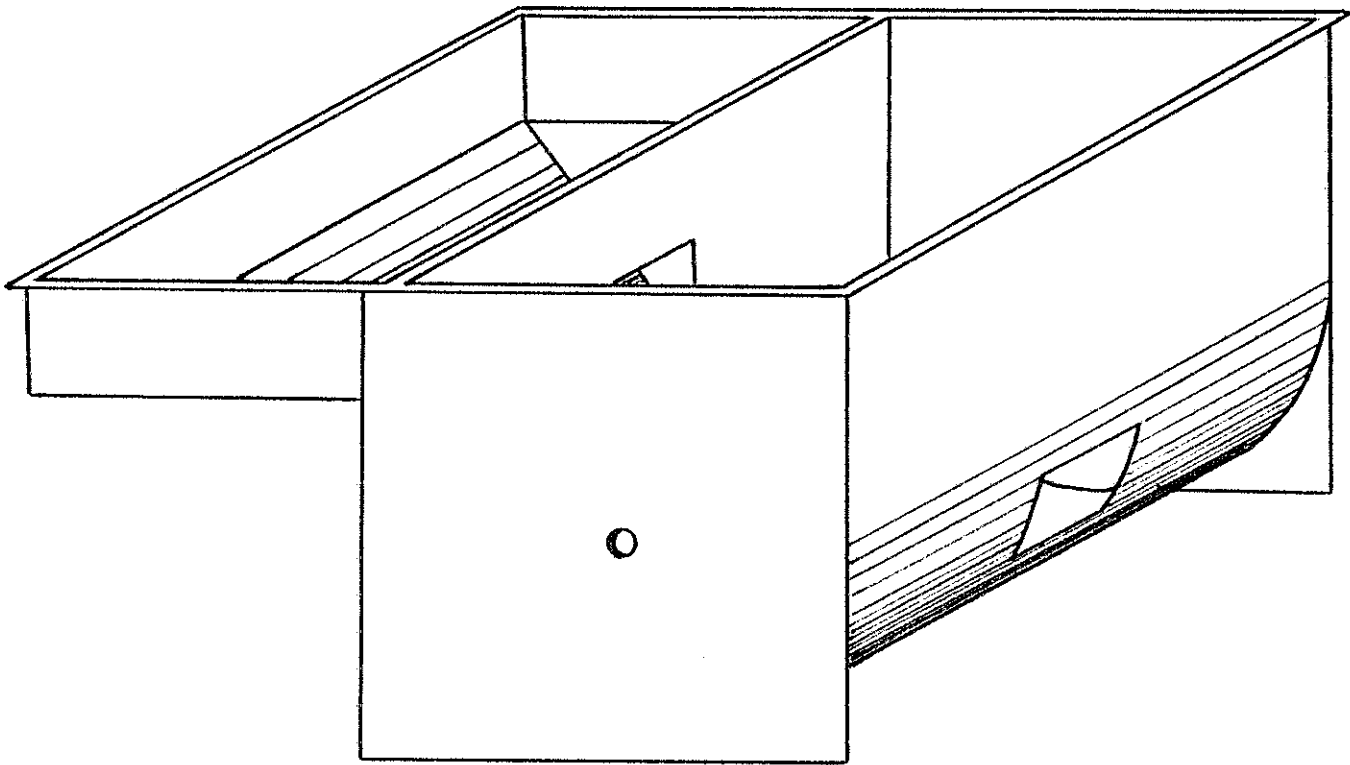


Fig. No. 3.10

### 3.3.2 Dimensiones de la estructura

#### 3.3.2.1 Dimensiones del casco de mezcladora

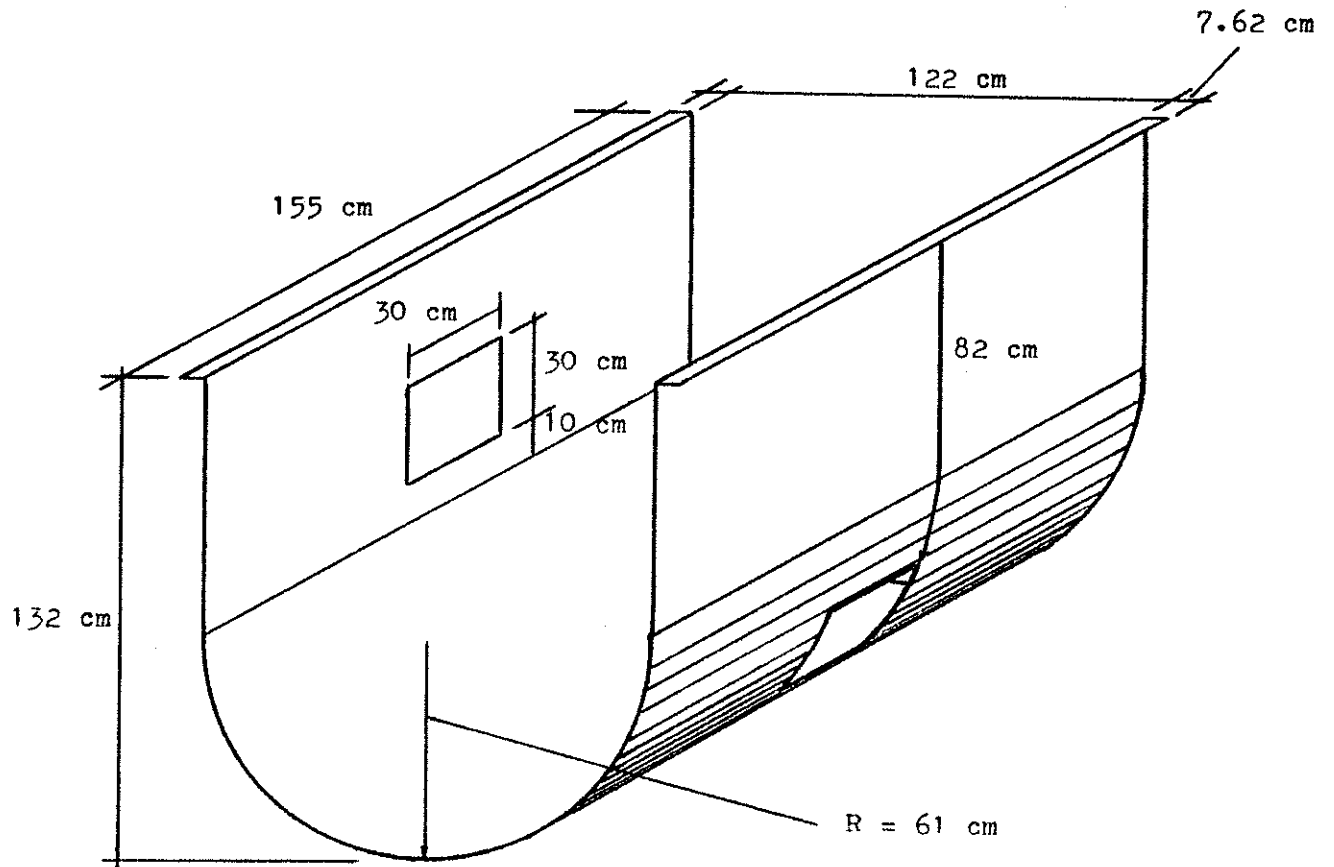


Fig. No. 3.11

3.3.2.2 Dimensiones de tolva de mezcladora

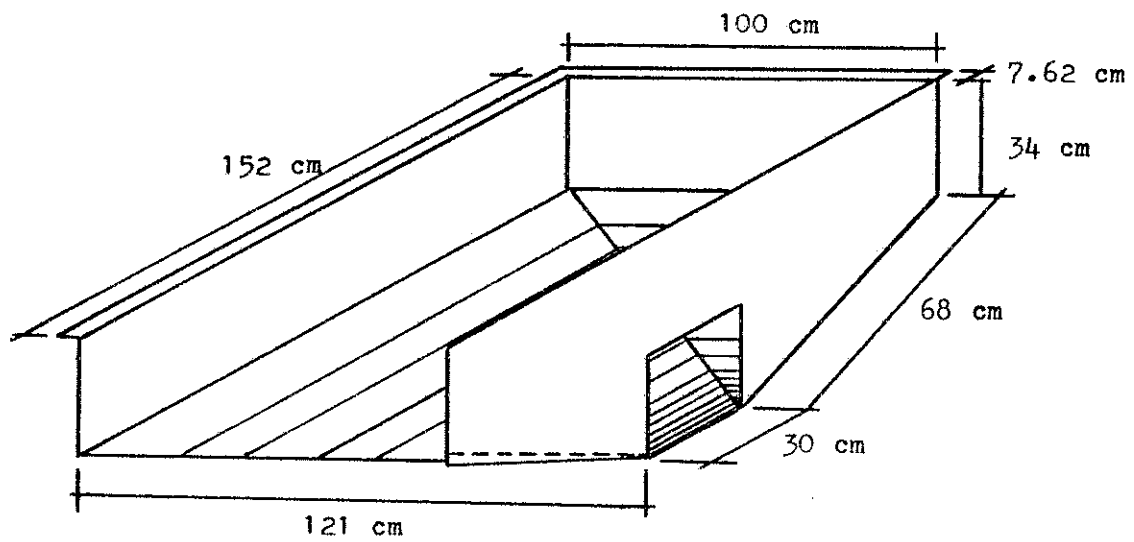


Fig. No. 3.12



dora

3.3.2.3 Dimensiones de tapaderas de casco de mezcladora

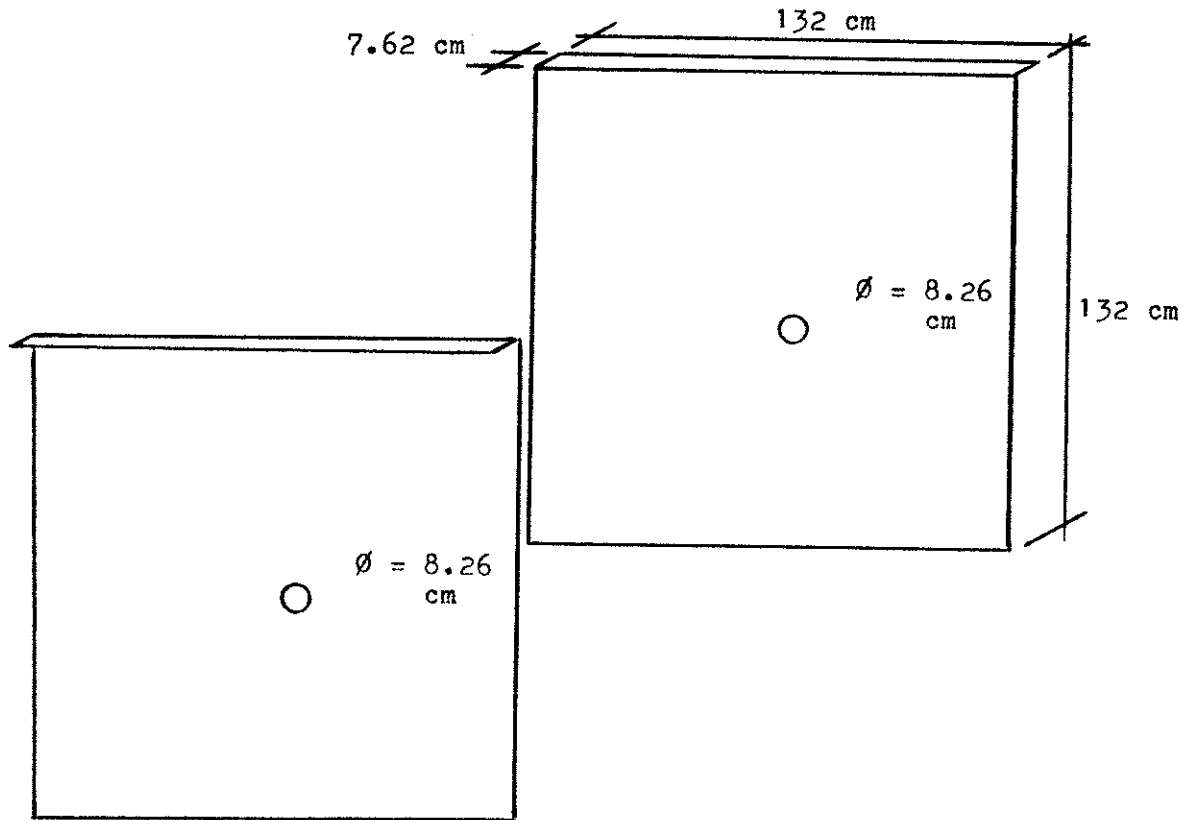


Fig. No. 3.13

### 3.3.2.4 Dimensiones de camisa de casco de mezcladora

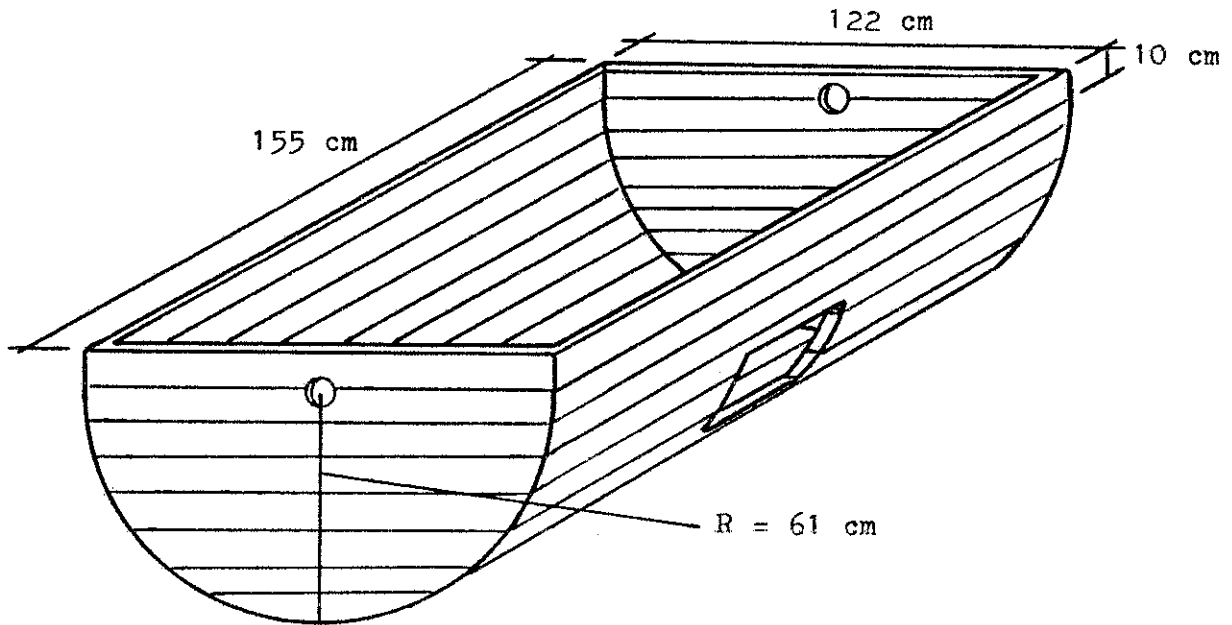


Fig. No. 3.14

#### Material de camisa

Se usará un material que se caracteriza por su elevada dureza y resistencia al desgaste, así como la resistencia a la abrasión, por lo que se usará un material con las siguientes especificaciones:

AISI No. E52100

SAE No. 52100

Tipo

Acero aleado al cromo

% de carbono (C)

0.95 - 1.10

% de manganeso (Mn)

0.25 - 0.45

% de cromo (Cr)

1.30 - 1.60

Donde la letra E significa un acero obtenido en horno eléctrico básico.

### 3.3.2.5 Volumen del casco de mezcladora

Para el cálculo del volumen del casco de la mezcladora, se pueden utilizar las siguientes fórmulas:

$$V_c = V_r + V_{mc}$$

donde,  $V_c =$  Volumen del casco en  $M^3$

$V_r =$  Volumen del rectángulo en  $M^3$

$V_{mc} =$  Volumen del semicilindro en  $M^3$

Volumen del rectángulo ( $V_r$ )

$$V_r = a \times b \times h$$

$$V_r = 1.524 \times 1.2192 \times 0.7366$$

$$V_r = 1.368648 M^3$$

Volumen del semicilindro en  $M^3$  ( $V_{mc}$ )

$$V_{mc} = \pi/2 \times R^2 \times b$$

$$V_{mc} = 3.1416/2 \times (59.49)^2 \times (1.4946 \times 100)$$

$$V_{mc} = 0.830869 M^3$$

Volumen del casco ( $V_c$ )

$$V_c = V_r + V_{mc}$$

$$V_c = 1.368648 + 0.830869$$

$$V_c = 2.199516 M^3$$

Comparando el volumen del semicilindro con el volumen de la mezcla  $V_M$ , queda demostrado que las dimensiones que se le dieron al casco de mezcladora son aceptables.

$$V_{mc} = 0.830869 > V_M = 0.3845 \quad (M^3)$$

### 3.3.2.6 Volumen de la tolva

Para el cálculo del volumen de la tolva, se pueden utilizar las siguientes fórmulas:

$$V_t = V_r + V_{pt}$$

donde,

$V_t =$  Volumen de la tolva en  $M^3$

$V_r =$  Volumen de la parte rectangular en  $M^3$

$V_{pt} =$  Volumen de la parte triangular en  $M^3$

Volumen de la parte rectangular ( $V_r$ )

$$V_r = a \times b \times h$$

$$V_r = 1.00 \times 1.524 \times 0.3366$$

$$V_r = 0.5129784 \text{ M}^3$$

Volumen de la parte triangular (Vpt)

$$V_{pt} = V_{pt1} + V_{pt2}$$

donde, Vpt = Volumen de la parte triangular en  $\text{M}^3$

Vpt1 = Volumen de la parte triangular uno en  $\text{M}^3$

Vpt2 = Volumen de la parte trapezoidal en  $\text{M}^3$

Volumen de la parte triangular uno (Vpt1)

$$V_{pt1} = 1/2 \times (a + h) \times b$$

$$V_{pt1} = 1/2 \times (0.612 \times 1.00) \times 0.30$$

$$V_{pt1} = 0.0918 \text{ M}^3$$

Volumen de la parte trapezoidal (Vpt2)

$$V_{pt2} = (1/2 \times (a + a') \times h \times b) / 2$$

$$V_{pt2} = (1/2 \times (1.524 + 0.30) \times 1.0438 \times 0.30) / 2$$

$$V_{pt2} = 0.14279184 \text{ M}^3$$

Volumen de la tolva (Vt)

$$V_t = V_r + V_{pt}$$

$$V_t = V_r + (V_{pt1} + V_{pt2}) = 0.5129784 + (0.0918 + 0.14279184)$$

$$V_t = 0.74757024 \text{ M}^3$$

Comparando el volumen de la tolva (Vt), con el volumen de la mezcla ( $V_M$ ), queda demostrado, que las dimensiones que se le dieron a la tolva son aceptables.

$$V_t = 0.74757024 > V_M = 0.3845 \quad (\text{M}^3)$$

### 3.3.3 Esfuerzos en la estructura

#### 3.3.3.1 Esfuerzos en la tolva

Los esfuerzos a que está sometida la tolva, se pueden observar en la siguiente figura:



Como se puede observar, los esfuerzos a que estará sometida la tolva son esfuerzos de tensión en toda la parte correspondiente a la unión de las piezas, a excepción de la carga P que está a compresión sobre la pieza de base de la tolva, la carga P corresponde al peso de la arena pómez, el cual debe ser soportado por el material de la tolva.

### 3.3.3.1.1 Cálculo de esfuerzos

Centroide:

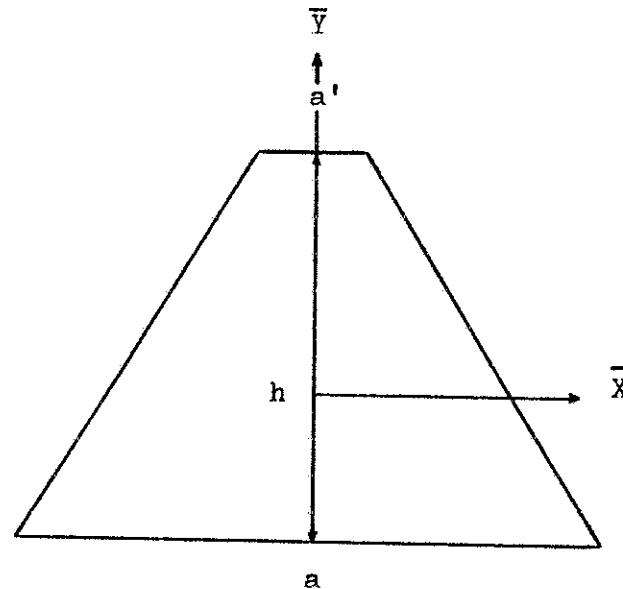


Fig. No. 3.16

Por simétrica  $\bar{X} = 76.2 \text{ CM.}$

$$\bar{Y} = \frac{h \times (2a' + a)}{3(a' + a)}$$

$$\bar{Y} = \frac{104.4 \times (2(30) + 152.4)}{3(30 + 152.4)}$$

$$\bar{Y} = 40.52 \text{ CM.}$$

Debido a la forma y posición de la tolva, la base tiene formado con la horizontal un ángulo de  $16.69^\circ$  grados, por lo que la carga se concentra, en un lugar donde no está el centroide de la figura, por lo que está cargado excéntricamente respecto a su eje. Estos problemas se resuelven aplicando en el centroide dos fuerzas P iguales y opuestas, con lo que resulta una fuerza axial P y un momento flexionante asimétrico en el plano de P y en el eje del miembro.

El momento de flexión asimétrico puede resolverse en las componentes  $M_{yy} = P \cdot x$  que actúa respecto al eje  $\bar{Y}$ , y  $M_{xx} = P \cdot y$ , que lo hace respecto al eje  $\bar{X}$ , por tanto:

$$\sigma_z = \frac{P}{A} \pm \frac{M_{yy} C_x}{I_{yy}} \pm \frac{M_{xx} C_y}{I_{xx}}$$

Donde, P = carga en kg. que es el peso de la arena pómez.

A = Área en  $\text{cm}^2$

$M_{yy}$  = Momento flexionante en Kg-cm. respecto al eje  $\bar{X}$ .

$M_{xx}$  = Momento flexionante en Kg-cm. respecto al eje  $\bar{Y}$ .

$C_x$  = Distancia perpendicular al eje  $\bar{Y}$  en cm.

$C_y$  = Distancia perpendicular al eje  $\bar{X}$  en cm.

$I_{xx}$  = Momento de inercia respecto al eje  $\bar{X}$  en  $\text{cm}^4$ .

$I_{yy}$  = Momento de inercia respecto al eje  $\bar{Y}$  en  $\text{cm}^4$ .

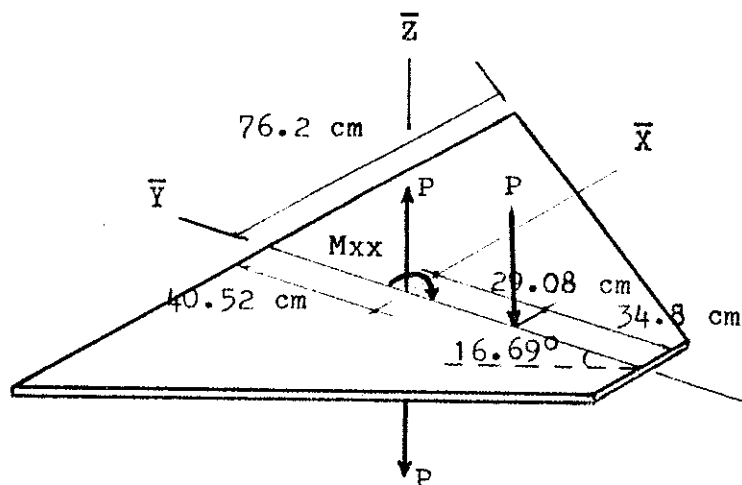


Fig. No. 3.17

La carga  $P = 326$  kg. nos queda de la siguiente forma, debido al ángulo de  $16.69$  grados que forma la base de la tolva.

$$P_z = P \times \text{seno}(73.31^\circ) \text{ (fuerza axial)}$$

$$P_y = P \times \text{coseno}(73.31^\circ)$$

$$P_z = 326 \times 0.957873 = 312.27 \text{ kg (fuerza axial)}$$

$$P_y = 326 \times 0.287193 = 93.63 \text{ kg.}$$

Para la carga  $P_z = 312.27$  kg., se tienen los momentos flexionantes siguientes:

$$M_{xx} = 312.27 \times 29.08 = 9080.81 \text{ kg-cm.}$$

$$M_{yy} = 312.27 \times 00.00 = 0000.00 \text{ kg-cm.}$$

Para la carga  $P_y = 93.63$  kg., se tienen los momentos flexionantes siguientes:

$$M_{xx} = 93.63 \times 0.00 = 0.000 \text{ kg-cm.}$$

$$M_{yy} = 00.00 \times 0.00 = 0.000 \text{ kg-cm.}$$

Substituyendo en la ecuación tenemos:

$$\sigma_z = - \frac{312.27}{9521.28} \pm 0.00 \pm \frac{9080.81 \times 29.08}{7.349891 \times 10^6 \text{ cm}^4}$$

$$\sigma_z = - 0.03279706 \pm 0.035928414 \text{ kg/cm}^2$$

El sentido de las fuerzas determina los signos de los esfuerzos. Por consiguiente, si el subíndice del esfuerzo indica su localización, los esfuerzos normales de vértice son:

$$\sigma_A = - 0.03280 + 0.03593 = 0.00313 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_B = - 0.03280 - 0.03593 = -0.06873 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_C = - 0.03280 - 0.03593 = -0.06873 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_D = - 0.03280 + 0.03593 = -0.00313 \text{ kg/cm}^2$$



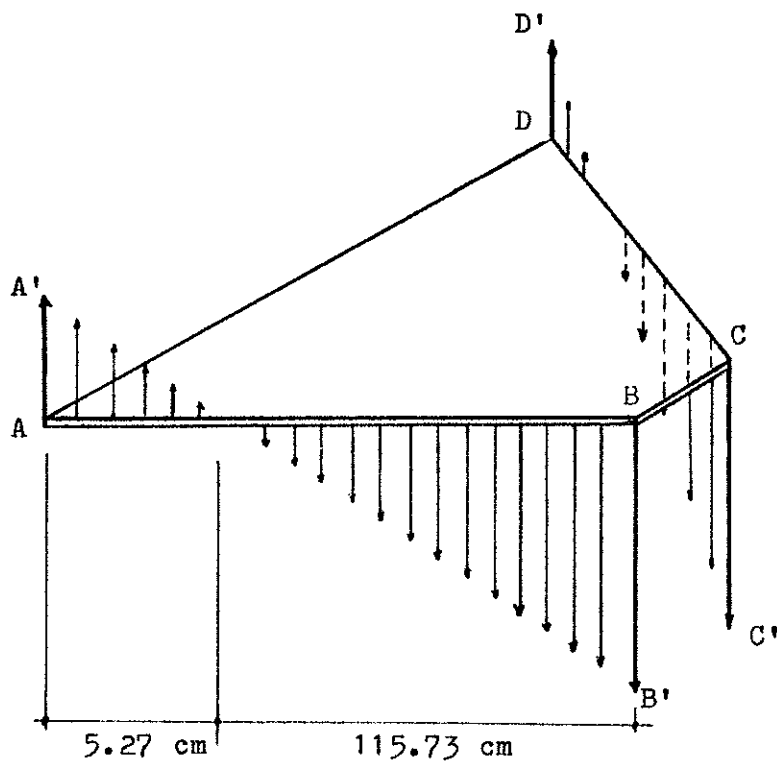


Fig. No. 3.18

ESFUERZOS NORMALES DE VERTICE

Estos esfuerzos se indican en la figura. Los extremos de estos cuatro vectores esfuerzo en A', B', C', y D', están en el plano A'B'C'D'. La distancia vertical entre los planos ABCD y A'B'C'D', define el esfuerzo combinado en un punto cualquiera de la sección transversal.

### 3.3.3.2 Esfuerzos en el casco de mezcladora

Los esfuerzos más significativos a que está sometido el casco de mezcladora los podemos observar en la siguiente figura:

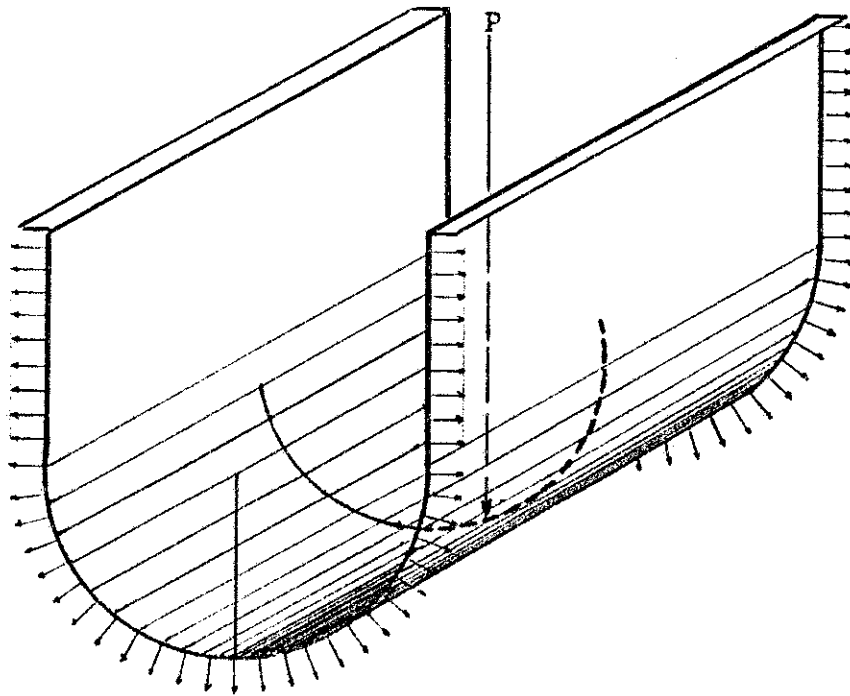


Fig. No. 3.19

Como se puede observar en la figura anterior, la mayoría de esfuerzos son de tensión sobre la unión del casco que corresponde a la soldadura, la que se calculará en la sección de soldadura; la única carga sobre el material es la de la mezcla que produce un esfuerzo mínimo, el cual no tiende a producir daño alguno si consideramos los esfuerzos que se calcularon en la tolva, para terminar el material de la estructura; en conclusión, se puede decir que los cálculos hechos para la tolva son suficientes para determinar el material de la estructura.

### 3.3.4 Material de la estructura

Dentro de lo requerido podemos mencionar el acero para perfiles ordinarios, tales como vigas y ángulos; es un acero corriente fabricado en horno Siemens básico y contiene de 0.05% a 0.10% de carbono. Este acero se emplea generalmente laminado en caliente y tiene una resistencia mecánica bastante baja comparada con los aceros tratados térmicamente de más elevado contenido de carbono o aleados. En general, los requisitos para este tipo de acero son resistencia mecánica, ductilidad y facilidad de mecanizado. En esta clase de acero, puede incluirse el acero para planchas, el cual se lamina en planchas de espesor y anchura variable.

Las especificaciones para su adquisición están determinadas por los resultados de esfuerzos conjuntos realizados por el American Iron and Steel Institute (AISI) y la Society of Automotive Engineers (SAE), las cuales son:

AISI No. C1010

SAE No. 1010

% de carbono (C)	0.08 - 0.13
% de manganeso (Mn)	0.30 - 0.60
% de fósforo (P) máximo.	- 0.04
% de azufre (S) máximo.	- 0.05
Estado	Laminado en caliente
Resistencia a la tracción (Sult)	3550 kg/cm <sup>2</sup>
Tensión de fluencia (Syp)	2050 kg/cm <sup>2</sup>
% Alargamiento en 5 cm.	38 %
% Estricción	70 %
Dureza Brinell	101
Dureza Rockwel	
% Maquinabilidad	40 %

### 3.4 Soldadura

#### 3.4.1 Esfuerzo en soldadura

Para garantizar la resistencia de la soldadura, se utilizará el peso total de la mezcla ( $P_t$ ),  $P_t = 456 \text{ Kg.}$  para determinar el electrodo más adecuado.

$$P_t = 456 \text{ Kg.} \quad P_z = P_t \times \text{seno}(73.31) = 436.79 \text{ Kg.}$$

$$P_y = P_t \times \text{cos}(73.31) = 130.96 \text{ Kg.}$$

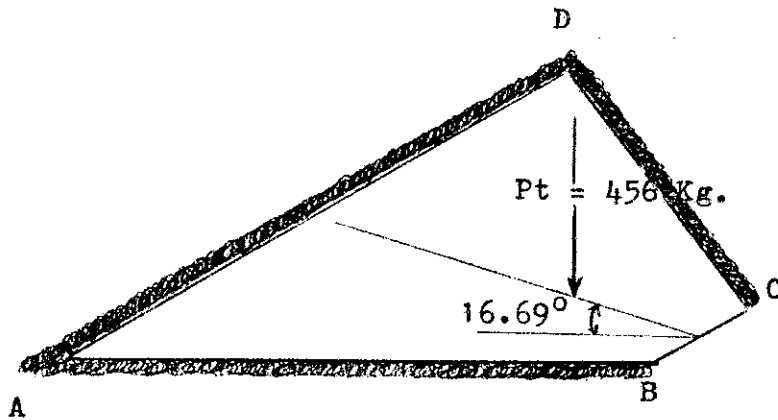


Fig. No. 3.20

Centro de gravedad de los cordones de soldadura:

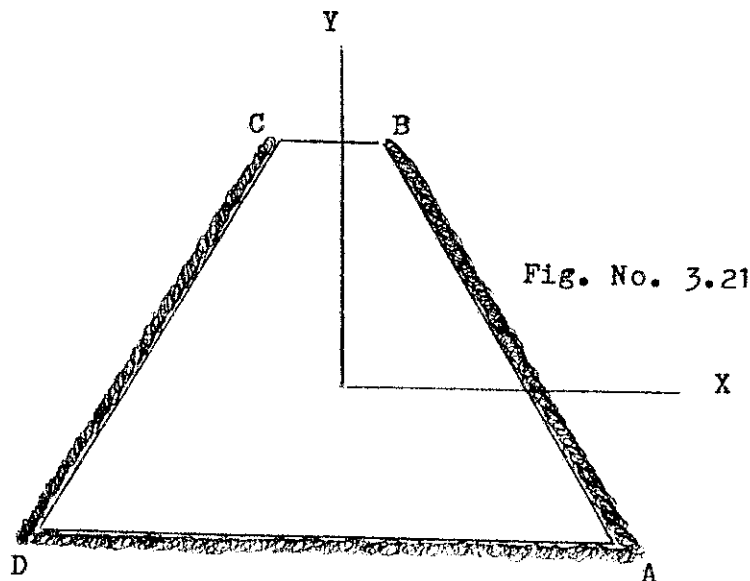


Fig. No. 3.21

TABLA No. 7

Segmento	L cm.	X cm.	Y cm.	XL	YL
AB	121.0	121.8	67.8	14737.8	8203.8
CD	121.0	30.6	67.8	3702.6	8203.8
DA	152.4	76.2	0.0	11612.9	0.0
$\Sigma$	394.4			30053.3	16407.6

$$\bar{X} \Sigma L = \Sigma XL$$

$$\bar{X} = \frac{\Sigma XL}{\Sigma L} = \frac{30053.3}{394.4} = 76.2 \text{ cm.}$$

$$\bar{Y} = \frac{\Sigma YL}{\Sigma L} = \frac{16407.6}{394.4} = 41.6 \text{ cm.}$$

Para el cordón de soldadura AB

1.- Anchura de garganta (b).

$$b = \cos \theta \times h$$

donde, h = altura de soldadura en cm.

$\theta$  = ángulo de soldadura  $45^\circ$  grados.

$$b = \cos(45^\circ) \times 0.635$$

$$b = 0.449 \text{ cm.}$$

2.- Área de soldadura (A)

$$A = b \times l$$

donde, b = anchura de garganta en cm.

l = longitud de soldadura cm.

$$A = 0.449 \times 121 = 54.33 \text{ cm}^2$$

3.- Distancia del centroide de soldaduras al centro de soldadura AB. (R<sub>AB</sub>).

$$R_{AB} = \sqrt{(45.6)^2 + (26.2)^2}$$

$$R_{AB} = 52.59 \text{ cm.}$$

4.- Momento de inercia (J).

$$J = A \left( \frac{1}{12} + R_{AB}^2 \right)$$

$$J = 54.33 \left( \frac{121^2}{12} + (52.59)^2 \right)$$

$$J = 216548 \text{ cm.}^4$$

Para el cordón de soldadura CD. se tienen los mismos valores calculados para el cordón de soldadura AB.

1.-  $b = 0.449 \text{ cm.}$

2.-  $A = 54.33 \text{ cm.}^2$

3.-  $R_{CD} = 52.59 \text{ cm.}$

4.-  $J = 216548 \text{ cm.}^4$

Para el cordón de soldadura DA.

1.-  $b = 0.449 \text{ cm.}$

2.-  $A = 0.449 \times 152.4 = 68.43 \text{ cm.}^2$

3.-  $R_{DA} = 41.60 \text{ cm.}$

4.-  $J = 250867.11 \text{ cm.}^4$

Momento de inercia total (J).

$$J = 2 \times 216548.04 + 250867.11$$

$$J = 683963 \text{ cm}^4$$

Área total (A).

$$A = 2 \times 54.33 + 68.43$$

$$A = 117.09 \text{ cm}^2$$

5.- Tensión directa (Ss).

$$S_s = \frac{P_z}{A}$$

$$S_s = \frac{436.79 \text{ Kg.}}{117.09 \text{ cm}^2} = 3.73 \text{ Kg/cm}^2$$

6.- Tensión debida al momento torsor (S).

$$S = \frac{T \times R_{OC}}{J}$$

donde, T = momento torsor en Kg-cm  
= Pz x la distancia perpendicular del punto donde se aplica Pz al centroide de las soldaduras.

$$S = \frac{436.79 \times 28 \times 64.18}{683963}$$

R<sub>OC</sub> = distancia del vértice C al centroide en cm.

$$S = 1.1476 \text{ Kg/cm}^2$$

J = momento de inercia total en cm.

Esta tensión es perpendicular a OC.; a continuación se descompone en componentes representadas en la figura siguiente:

La componente vertical total es:

$$S_{sv} = \frac{T \times r}{J} + S_s$$

$$= \frac{436.79 \times 28 \times 15}{683963} + 3.73$$

$$S_{sv} = 0.2682189 + 3.73$$

$$S_{sv} = 3.9982 \text{ Kg/cm}^2$$

Componente horizontal (Ssh).

$$S_{sh} = \frac{T \times r}{J} = \frac{436.79 \times 28 \times 62.4}{683963}$$

$$S_{sh} = 1.11579 \text{ Kg/cm}^2$$

7.- Tensión resultante (Ssr).

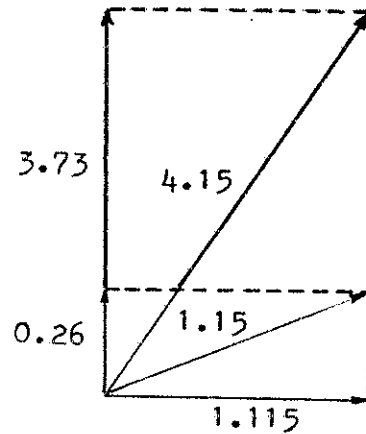
$$S_{sr}^2 = S_{sv}^2 + S_{sh}^2$$

$$S_{sr} = \sqrt{S_{sv}^2 + S_{sh}^2}$$

$$S_{sr} = \sqrt{3.9982^2 + 1.11579^2}$$

$$S_{sr} = 4.15 \text{ Kg/cm}^2$$

GRAFICA No. 3





### 3.4.2 Electrodo adecuado

#### 3.4.2.1 Coeficiente de seguridad

¿Qué coeficiente de seguridad tendremos, si utilizamos un electrodo, que el límite de fluencia del metal de la soldadura es  $Syp = 5976 \text{ Kg/cm}^2$ ?

$$CS = \frac{0.5 \times Syp}{Ssr}$$

donde,

CS = Coeficiente de seguridad.

Syp = Límite de fluencia del metal de la soldadura en  $\text{Kg/cm}^2$

Ssr = Esfuerzo cortante en la sección de garganta en  $\text{Kg/cm}^2$

datos:  $Syp = 5976 \text{ Kg/cm}^2$   
 $Ssr = 4.15 \text{ Kg/cm}^2$

Sustituyendo, tenemos:

$$CS = \frac{0.5 \times 5976}{4.15} = 720$$

Como se puede observar, resulta un coeficiente de seguridad (CS), demasiado grande.

Probaremos con otro electrodo, cuyo límite de fluencia del metal de la soldadura es  $Syp = 4500 \text{ Kg/cm}^2$ .

datos:  $Syp = 4500 \text{ Kg/cm}^2$   
 $Ssr = 4.15 \text{ Kg/cm}^2$

Sustituyendo tenemos:

$$CS = \frac{0.5 \times 4500}{4.15} = 542$$

Resulta un coeficiente de seguridad (CS) grande, lo que nos

comprueba, que el esfuerzo a que estará sometida la soldadura, es bastante pequeño en comparación con los esfuerzos a que pueden ser sometidos los electrodos, cuyos límites de fluencia del metal de la soldadura (Syp) se han utilizado para determinar el coeficiente de seguridad que nos ofrecían, con lo que se concluye que no hay problema en lo que respecta al coeficiente de seguridad, pero para poder escoger el electrodo adecuado se mencionarán las características y propiedades de los electrodos a continuación:

Electrodo límite de fluencia  $Syp = 5976 \text{ Kg/cm}^2$

Características:

Resistencia a la corrosión  
Eliminación de grietas bajo el cordón  
Resistente al desgaste  
Fácil adquisición en el mercado

Propiedades:

Electrodo de acero inoxidable  
Hobart  
Tipo 312  
% de metal depositado Cr. 29.0, Ni. 9.0, C. 0.13 máximo.  
Resistencia a la tensión  $Sult = 8085 \text{ Kg/cm}^2$   
Límite de fluencia  $Syp = 5976 \text{ Kg/cm}^2$   
Elongación en 5 cms. de 20 - 25 %.

Electrodo límite de fluencia  $Syp = 4500 \text{ Kg/cm}^2$

Características:

Un electrodo para láminas de metal  
Recomendado para polaridad negativa  
Con buenas características de bajo voltaje abierto  
Excelente en posición vertical descendente y contornos de ángulos planos  
Recubrimiento flexible y escoria fácil de limpiar

Propiedades:

Hobart  
Tipo 13A (E-6013)  
% de metal depositado C. 0.09, silicón 0.41, Mn. 0.015  
P. 0.024, S. 0.23  
Resistencia a la tensión  $Sult = 5000 \text{ Kg/cm}^2$   
Límite de fluencia  $Syp = 4500 \text{ Kg/cm}^2$   
Elongación en 5 cms. de 19 - 28 %

Los dos tipos de electrodos mencionados anteriormente, los podemos considerar como representativos dentro de las dos gamas de electrodos para aceros inoxidable y aleaciones comunes de hierro y acero.

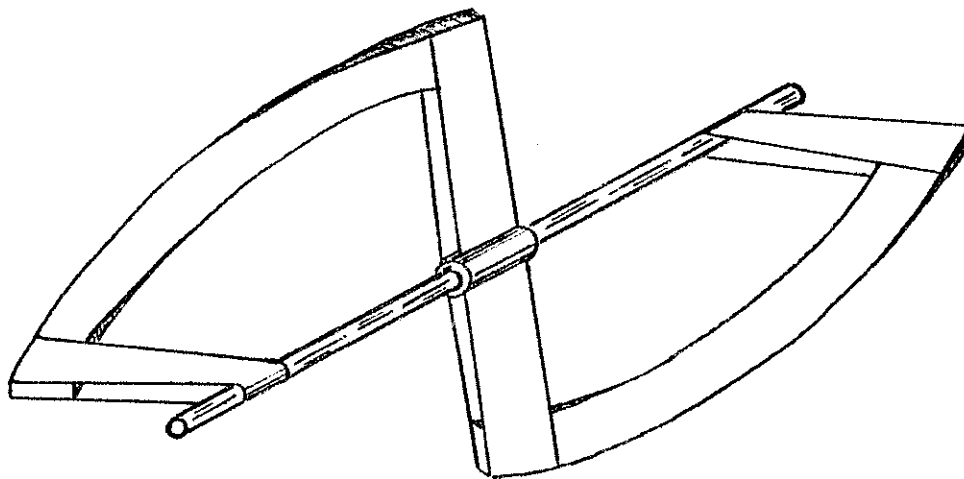
Por lo que después de conocer sus características y propiedades, se puede llegar a la conclusión de que las propiedades y características de el electrodo Hobart tipo 312 de acero inoxidable, es el más recomendable, debido a que la soldadura, va a estar en contacto continuo con mezclas húmedas y materiales abrasivos.

### 3.5 Aspas

#### 3.5.1 Forma de aspas

La figura siguiente muestra la forma de las aspas; dicha forma es bastante recomendable para mezcladoras de este tipo.

Fig. No. 3.22



### 3.5.2 Diseño de aspas

En el diseño de las aspas, cada punto de la aspa, se va formando, desde un punto en el plano horizontal, con un radio determinado y constante, que va recorriendo todo el contorno de la aspa, hacia la mitad del eje, para terminar en un punto del plano vertical.

Para una mejor exposición dibujaremos una parte del aspa tomando en cuenta ejes coordenados en tres dimensiones donde:

El eje en Y es la posición inicial del aspa con una distancia sobre el eje Y de  $R = 59.67$  cm.

El eje en X es la posición del eje motriz.

El eje en Z es la posición final del aspa con una distancia sobre el eje Z de  $R = 59.67$  cm.

Tenemos un radio  $R = 59.67$  cm. constante durante todo el recorrido, desde la posición en Y hasta la posición en Z, el contorno de la aspa se forma mediante la relación entre la longitud  $L$  y el ángulo  $\theta$  que tiene que recorrer de la siguiente forma:

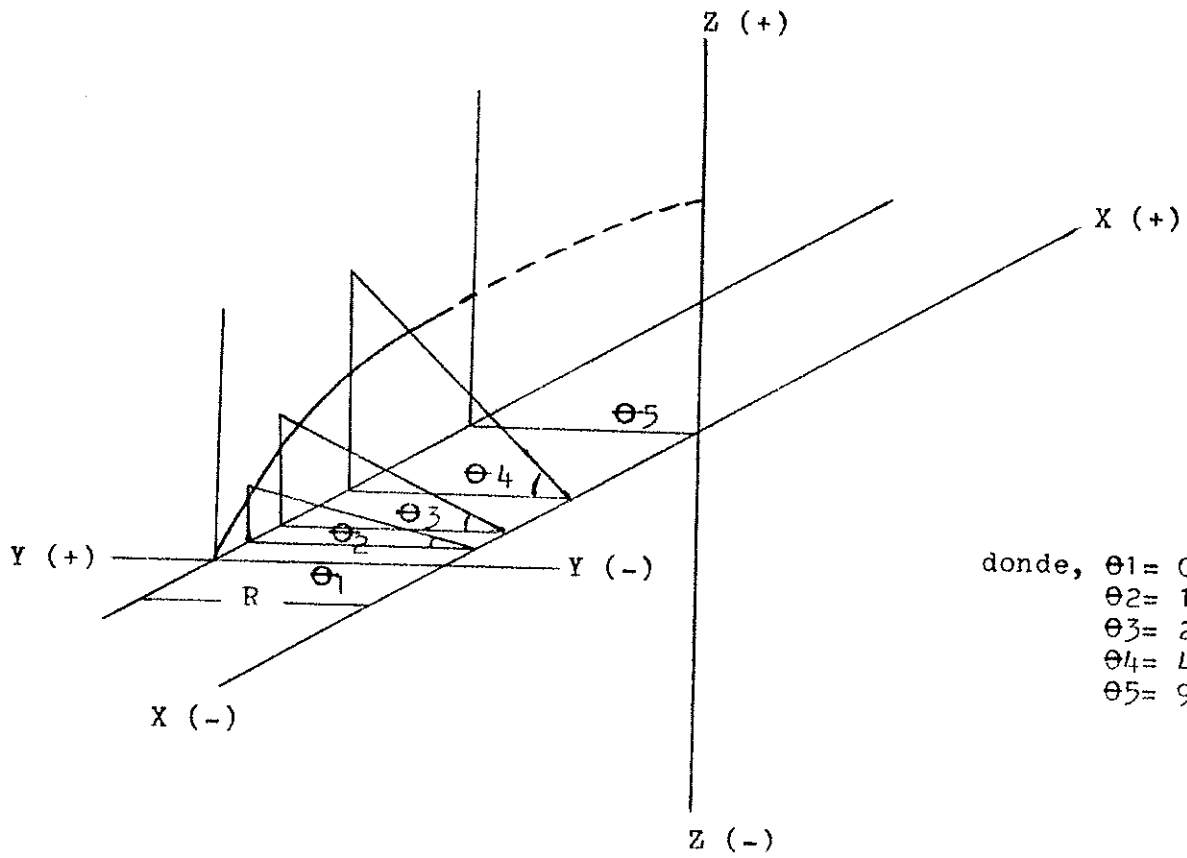
$$\begin{array}{l} \text{Cuando,} \\ X = 0, \quad \theta = 0^\circ \\ X = L/2, \quad \theta = 45^\circ \\ X = L, \quad \theta = 90^\circ \end{array}$$

Este ángulo nos da un vector de dirección  $R$  que siempre se va a mantener constante.

De donde podemos deducir que por cada centímetro que recorremos en el eje X el ángulo que debemos recorrer es de  $\theta = 1.18^\circ$  que es igual a  $1^\circ$  grado,  $10'$  minutos y  $48''$  segundos ( $1^\circ 10' 48''$ ).

De igual forma para la otra aspa.

GRAFICA No. 4



donde,  $\theta_1 = 0^\circ$   
 $\theta_2 = 11.25^\circ$   
 $\theta_3 = 22.50^\circ$   
 $\theta_4 = 45.00^\circ$   
 $\theta_5 = 90.00^\circ$

TRAZO DE ASPA

### 3.5.3 Dimensiones de aspas

Las dimensiones de las aspas dependen en gran parte del tamaño de la estructura, del espesor de la camisa, por lo que las dimensiones de éstas son las siguientes:

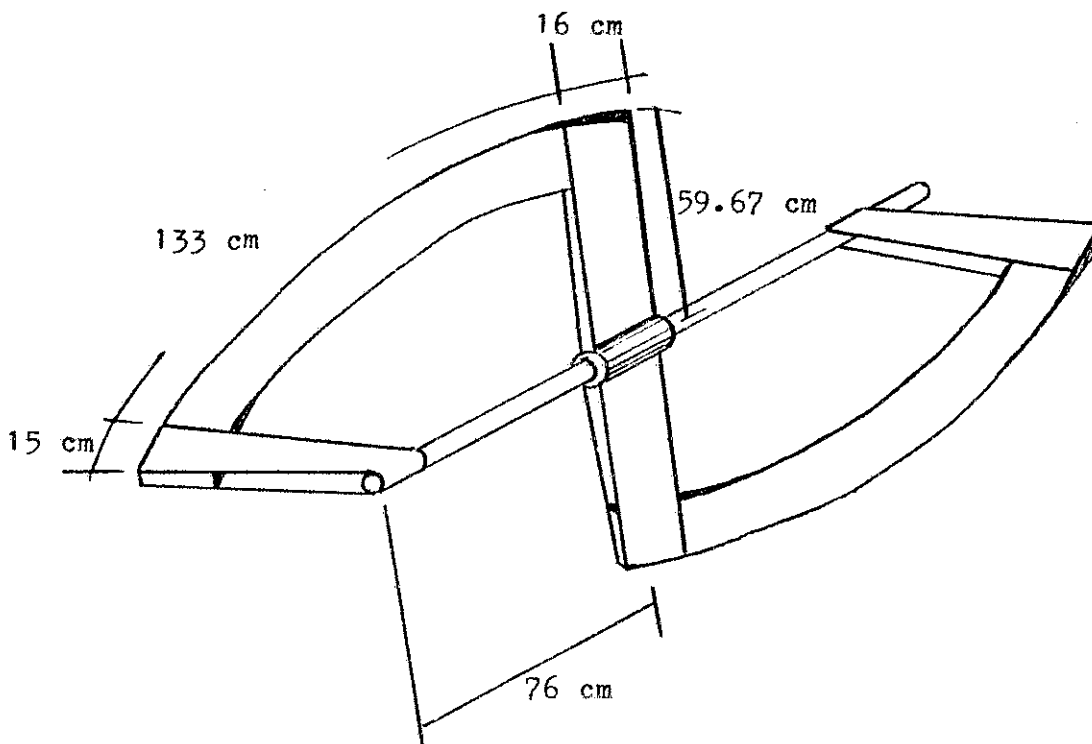


Fig. No. 3.23

### 3.5.4 Esfuerzos en aspas

#### 3.5.4.1 Centroide de aspa

TABLA No. 3

Fig.	A cm <sup>2</sup>	X cm	Y cm	Z cm	AX	AY	AZ
1	895.05	7.5	29.59	3.75	6712.88	26491.69	3356.44
2	2010.00	41.5	38.18	36.28	83415.00	76741.80	72922.80
3	954.72	76.00	0.00	29.84	72558.72	0.00	28484.07
$\Sigma$	3859.77				162686.60	103233.49	104763.31

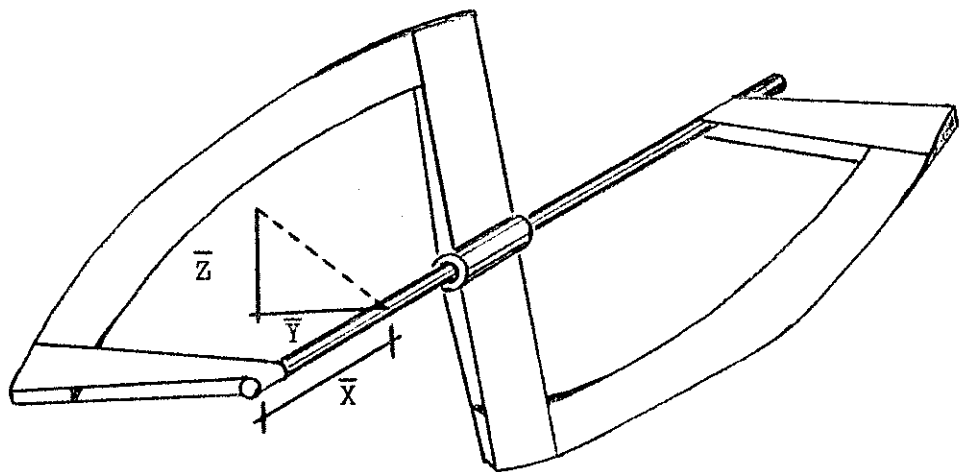
$$\bar{X} \Sigma A = \Sigma AX$$

$$\bar{X} = \frac{\Sigma AX}{\Sigma A} = \frac{162686.60}{3859.77} = 42.15 \text{ cm.}$$

$$\bar{Y} = \frac{\Sigma AY}{\Sigma A} = \frac{103233.49}{3859.77} = 26.75 \text{ cm.}$$

$$\bar{Z} = \frac{\Sigma AZ}{\Sigma A} = \frac{104763.31}{3859.77} = 27.14 \text{ cm.}$$

Fig. No. 3.24



### 3.5.4.2 Cálculo de esfuerzo sobre aspas

Para una mayor garantía del material de las aspas, vamos a considerar el peso total de la mezcla sobre una sola aspa, de la forma siguiente:

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

donde, P = peso de la mezcla en Kg.

A = área total de la aspa en  $\text{cm}^2$

Datos: P = 456 Kg.

A = 3859.77  $\text{cm}^2$

Sustituyendo tenemos:

$$\sigma = \frac{456 \text{ Kg.}}{3859.77 \text{ cm}^2}$$

$$\sigma = 0.11814 \text{ Kg/cm}^2$$

### 3.5.5 Material de aspas

Se necesita un material que resista: el ambiente húmedo al que tienen que estar expuestas las aspas, el medio abrasivo, debido al material de mezcla con el que tiene que estar en contacto, por lo que un acero inoxidable sería lo ideal.

Utilizar un acero inoxidable resultaría caro, pero existen otros metales que se pueden emplear, ya que no resulta un esfuerzo grande en el cálculo que se hizo del esfuerzo sobre las aspas; para bajar los costos, se puede utilizar una fundición, que también se adapta a las condiciones que se necesitan, pero para el cálculo de nuestro diseño utilizaremos aspas de acero.

Las especificaciones que tomaríamos son las que se dieron para la camisa del casco de la mezcladora.

AISI No. E52100

SAE No. 52100

Tipo

% de carbono (C)

% de manganeso (Mn)

% de cromo (Cr)

Acero aleado al cromo

0.95 - 1.10

0.25 - 0.45

1.30 - 1.60

### 3.5.6 Peso de aspas



Con los dibujos de vistas lateral y frontal de los brazos de las aspas se puede obtener el volumen de las aspas y conociendo el peso específico o la densidad del acero, es posible conocer la masa de las aspas, siempre tomando en cuenta la parte curva de las aspas.

Calculado el volumen de las aspas, dio  $V = 0.0162 \text{ m}^3$  y teniendo que la densidad del acero es  $\rho = 7850 \text{ Kg/m}^3$  tenemos:

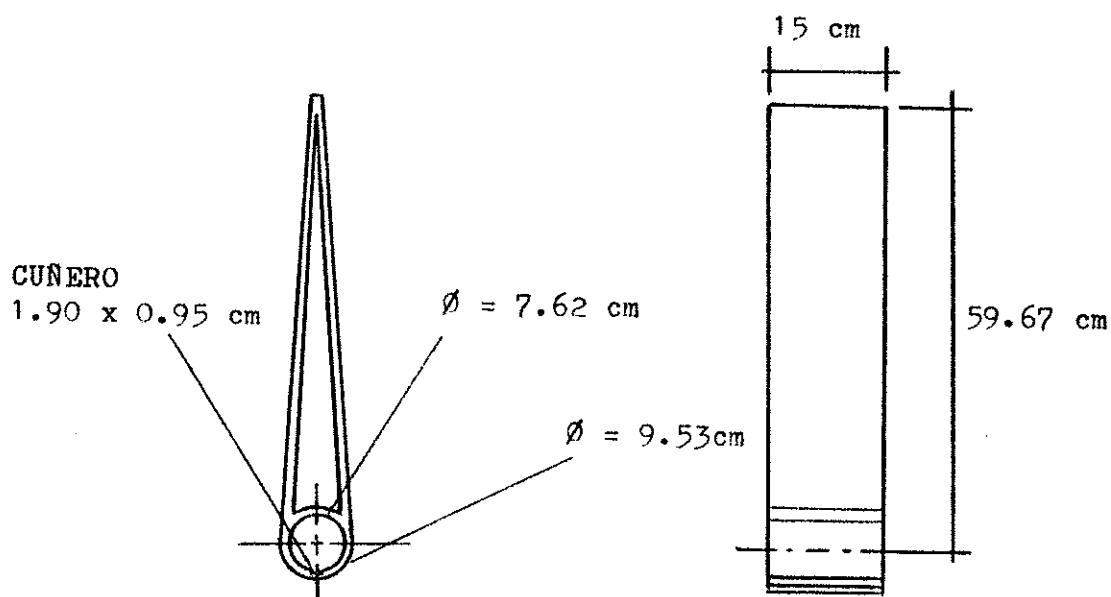
$$\rho = \frac{M}{V} = \text{Densidad en Kg/m}^3$$

Donde,  $M = \text{masa en Kg.}$

$V = \text{volumen en m}^3$

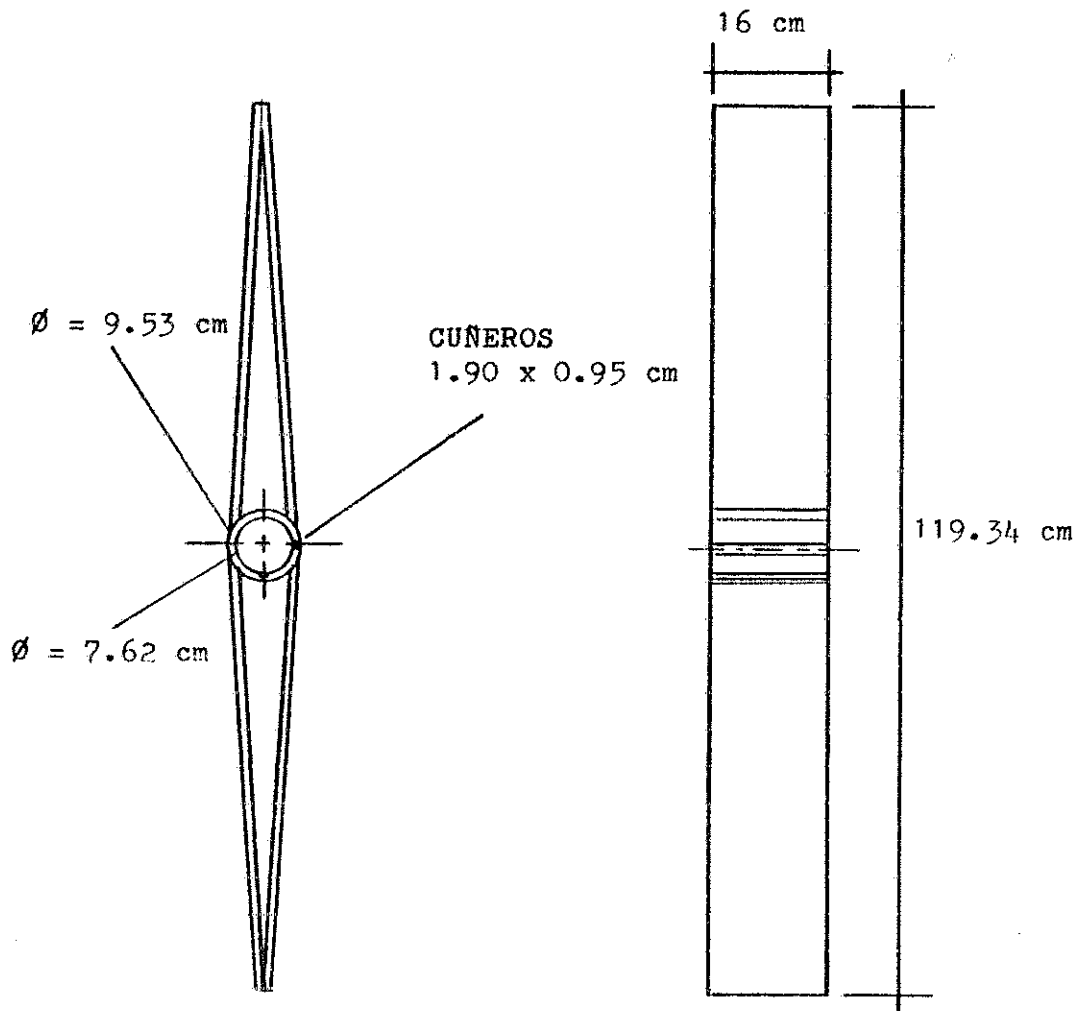
$$M = \rho \times V = 7850 \times 0.01625 = 128 \text{ Kg.}$$

$$M = 128 \text{ Kg.}$$



BRAZO DE ASPAS LATERALES

Fig. No. 3.25



BRAZOS DE ASPAS CENTRALES

Fig. No. 3.26

### 3.5.7 Momentos producidos por aspas y mezcla

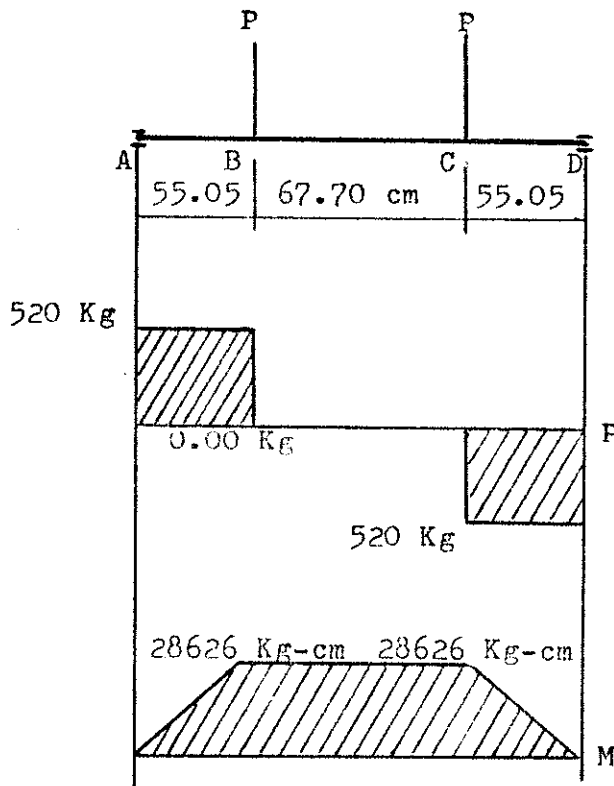
Los momentos producidos por la masa de la mezcla y la masa de las aspas, debido a la posición del centro de gravedad de las aspas, son momentos de flexión y momentos de torsión.

#### 3.5.7.1 Momentos de flexión

Vamos a considerar que una aspa tiene que mover toda la masa de la mezcla, por lo que consideraremos la siguiente carga:

$$\begin{aligned} M_m &= \text{masa de la mezcla} = 456 \text{ Kg.} \\ M_a &= \text{masa de una aspa} = 64 \text{ Kg.} \\ \text{total} &= 520 \text{ Kg.} \end{aligned}$$

Diagrama de momento flexionante.



$$P_B = 520 \text{ Kg.}$$

$$P_C = 520 \text{ Kg.}$$

$$\sum M_A = 0$$

$$P_B \times 55.05 + P_C \times 122.75 -$$

$$R_D \times 177.80 = 0$$

$$R_D = 520 \text{ Kg.}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$R_A - P_B - P_C + R_D = 0$$

$$R_A = 520 \text{ Kg.}$$

Fig. No. 3.27

Cálculo de momentos flexionante en Kg-cm

Sumatoria de áreas = 0

$$520 \times 55.05 + 0.00 \times 63.70 - 520 \times 55.05 = 0$$

En la figura, se puede observar que el momento máximo ocurre en el punto B y se mantiene constante hasta el punto C donde empieza a descender; su valor es el siguiente:

$$M = 28626.00 \text{ Kg-cm.}$$

### 3.5.7.2 Momentos de torsión

$$T = P \times r$$

donde, T = momento de torsión en Kg-m

P = carga total en Kg.

r = distancia del centroide al centro del eje en metros.

$$T = 520 \times 0.3811$$

$$T = 198 \text{ Kg-m}$$

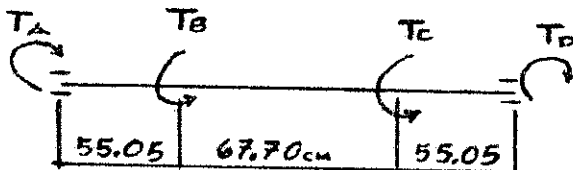
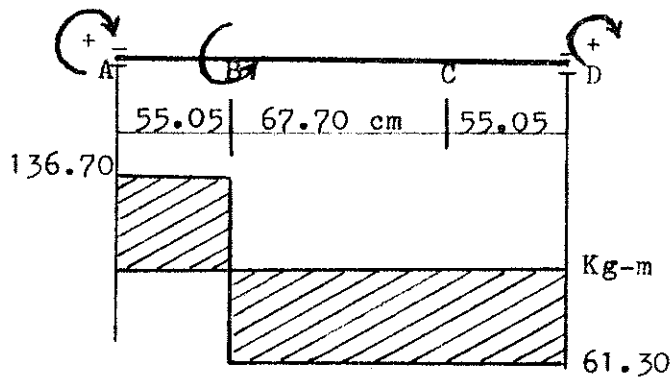


Fig. No. 3.28

Por superposición, se pueden calcular los momentos torsores en los puntos A y D.

Para el momento torsor en B se tiene:



$$\varphi_A = \varphi_D$$

$$T_A l_A = T_D l_D$$

$$T_A = \frac{T_D l_D}{l_A}$$

$$T_A = \frac{122.75 \times T_D}{55.05} = 2.23 T_D$$

Fig. No. 3.29

$$+\sum T = 0$$

$$T_A + T_D = T_B \quad \text{sustituimos } T_A = 2.23 T_D \text{ y tenemos}$$

$$T_D = 61.30 \text{ Kg-m.}$$

$$T_A = 136.70 \text{ Kg-m.}$$

$$T_B = 198.00 \text{ Kg-m.}$$

Para el momento torsor en C tenemos por simetría:

$$T_D = 136.70 \text{ Kg-m.}$$

$$T_A = 61.30 \text{ Kg-m.}$$

$$T_C = 198.00 \text{ Kg-m.}$$

Sumando todos los momentos torsores en A y D tenemos

$$T_A = 198.00 \text{ Kg-m.} \quad \text{y} \quad T_D = 198.00 \text{ Kg-m.}$$

### 3.6 Cálculo de dimensiones de rueda dentada y piñón

Luego de varias pruebas, para determinar una adecuada relación entre la rueda dentada y el piñón, se llega a la conclusión de que una relación de velocidades  $R_v = 4/1$  (4 : 1) era la más adecuada para nuestro diseño.

De donde se puede explicar, que por cada vuelta del piñón se tendrá  $1/4$  de vuelta en la rueda dentada, por lo que las dimensiones de este mecanismo de rueda dentada y piñón con relación de velocidades  $R_v = 4/1$  (4 : 1), las podemos obtener partiendo de la base de que las revoluciones en las aspas, son las mismas que deben tener el eje que las sostiene y la rueda dentada acoplada al mismo eje.

Teniendo como dato que necesitamos 40 revoluciones por minuto (rpm) en las aspas, se puede determinar: las revoluciones por minuto (rpm) en la rueda dentada y el piñón, los diámetros primitivos de la rueda dentada y el piñón, el número de dientes en la rueda dentada y el piñón, utilizando las siguientes relaciones:

$$N_1 r_1 = N_2 r_2$$

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{r_2}{r_1} = \frac{n_2}{n_1} \quad R_v = \frac{4}{1}$$

donde,

$N_1$  = Número de revoluciones por minuto del piñón en rpm.

$N_2$  = Número de revoluciones por minuto de la rueda dentada en rpm.

$r_1$  = Radio primitivo del piñón en cms.

$r_2$  = Radio primitivo de la rueda dentada en cms.

$n_1$  = Número de dientes del piñón.

$n_2$  = Número de dientes de la rueda dentada.

Las revoluciones por minuto en la rueda dentada es dato conocido, debido a que tiene las mismas revoluciones que se necesitan en las aspas, por lo que  $N_2 = 40$  rpm.

Número de revoluciones por minuto en el piñón ( $N_1$ )

$$\frac{N_1}{N_2} = R_v = \frac{4}{1}, \quad N_1 = 4N_2 = 4(40) = 160 \text{ rpm.}$$

Diámetro primitivo de la rueda dentada ( $D_2$ )

$$\frac{r_2}{r_1} = Rv = \frac{4}{1}, \quad r_2 = 4r_1$$

Como no existe el dato del radio primitivo del piñón ( $r_1$ ) se tuvieron que hacer varias pruebas para poder llegar a determinar el diámetro primitivo adecuado para la rueda dentada, y dio un diámetro primitivo  $D_2 = 116$  cms.

Diámetro primitivo del piñón ( $D_1$ )

$$\frac{r_2}{r_1} = Rv = \frac{4}{1}, \quad r_1 = \frac{r_2}{4} = \frac{58}{4} = 14.5 \text{ cm.}$$

$$D_1 = r_1 \times 2 = 14.5 \times 2 = 29 \text{ cms.}$$

Número de dientes de la rueda dentada ( $n_2$ )

$$\frac{n_2}{n_1} = Rv = \frac{4}{1}, \quad n_2 = 4n_1$$

Como no se tiene el dato del número de dientes en el piñón ( $n_1$ ), por medio de pruebas llegamos a determinar el número de dientes adecuado para la rueda dentada, el cual es de  $n_2 = 80$  dientes.

Número de dientes del piñón ( $n_1$ )

$$\frac{n_2}{n_1} = Rv = \frac{4}{1}, \quad n_1 = \frac{n_2}{4} = \frac{80}{4}$$

$$n_1 = 20 \text{ dientes.}$$

Con los datos obtenidos de, número de dientes (n), y diámetros primitivos (D) de la rueda dentada y el piñón, así como la determinación de un ángulo de presión adecuado, se pudieron determinar, los demás datos necesarios para poder fabricar la rueda dentada y el piñón, y son los siguientes:

### 3.6.1 Dimensiones Rueda Dentada

1.-	Número de dientes	$N = 80$
2.-	Ángulo de presión	$= 20^{\circ}$
3.-	Diámetro primitivo	$D = 116 \text{ cms.}$
4.-	Paso diametral	$P = 1.75 \text{ dientes /pulgada.}$
5.-	Adéndum	$a = 1.45 \text{ cms.}$
6.-	Dedéndum	$b = 1.81 \text{ cms.}$
7.-	Espesor del diente	$t = 2.28 \text{ cms.}$
8.-	Holgura	$c = 0.36 \text{ cms.}$
9.-	Profundidad total	$H = 3.27 \text{ cms.}$
10.-	Profundidad de trabajo	$f = 2.90 \text{ cms.}$
11.-	Diámetro exterior	$Do = 119 \text{ cms.}$
12.-	Espesor del diente - cordal	$tc = 2.28 \text{ cms.}$
13.-	Adéndum cordal	$ac = 1.46 \text{ cms.}$
14.-	Longitud de cubo	$L = 9.53 \text{ cms.}$
15.-	Diámetro de cubo	$Dc = 13.72 \text{ cm.}$
16.-	Espesor de llanta	$E = 4.44 \text{ cms.}$
17.-	Altura de refuerzo	$m = 4.44 \text{ cms.}$
18.-	Número de brazos	$Ng = 4$
19.-	Sección de brazo	$S = Te$
20.-	Ancho de brazo	$h = 6.62 \text{ cms.}$
21.-	Longitud de diente	$l = 7.62 \text{ cms.}$
22.-	Diámetro interior	$Di = 115.74 \text{ cms.}$



### 3.6.2 Dimensiones Piñón

1.- Número de dientes	$N = 20$
2.- Ángulo de presión	$= 20^{\circ}$
3.- Diámetro primitivo	$D = 29 \text{ cm.}$
4.- Paso diametral	$P = 1.75 \text{ dientes/pulgada}$
5.- Adéndum	$a = 1.45 \text{ cm.}$
6.- Dedéndum	$b = 1.81 \text{ cm.}$
7.- Espesor del diente	$t = 2.28 \text{ cm.}$
8.- Holgura	$c = 0.36 \text{ cm.}$
9.- Profundidad total	$H = 3.27 \text{ cm.}$
10.- Profundidad de trabajo	$f = 2.90 \text{ cm.}$
11.- Diámetro exterior	$Do = 31.93 \text{ cm.}$
12.- Espesor del diente - cordal	$tc = 2.28 \text{ cm.}$
13.- Adéndum cordal	$ac = 1.46 \text{ cm.}$
14.- Distancia entre centros	$C = 72.5 \text{ cm.}$
15.- Diámetro interior	$Di = 28.67 \text{ cm.}$
16.- Longitud de diente	$l = 7.62 \text{ cm.}$

### 3.6.3 Capacidad de carga

La capacidad de carga de un par de ruedas dentadas está basada en la resistencia a la flexión ( $F_b$ ) o en la resistencia al desgaste ( $F_w$ ). Tomando en cuenta el menor valor entre la resistencia a la flexión y la resistencia al desgaste, para asuntos de diseño.

La fuerza restante ( $F_t$ ) que transmite la potencia deseada se encuentra deduciendo la carga dinámica ( $F_d$ ) de la siguiente forma:

$$F_t = F_b - F_d$$

$$F_t = F_w - F_d$$

#### 3.6.3.1 Resistencia a la flexión de los dientes

$$F_b = S_{byp}$$

donde;

$$S = \text{Tensión de flexión} = 1400 \text{ Kg/cm}^2$$

$$b = \text{Longitud de diente} = 7.62 \text{ cm.}$$

$$y = \text{Coeficiente de LEWIS} = 0.1019$$

$$p = \text{Paso circular o simplemente paso} = \frac{\pi \times 2.54}{P}$$

$$p = 4.56 \text{ cm.}$$

Sustituyendo se tiene:

$$F_b = 1400 \times 7.62 \times 0.1019 \times 4.56$$

$$F_b = 4957 \text{ Kg.}$$

### 3.6.3.2 Carga límite de desgaste

$$F_w = DbQK$$

Donde;

$$D = \text{Diámetro primitivo del piñón} = 29 \text{ cm.}$$

$$b = \text{Longitud del diente} = 7.62$$

$$Q = \frac{2N_2}{N_1 + N_2}$$

$$N_1 = \text{Número de dientes del piñón} = 20$$

$$N_2 = \text{Número de dientes de la rueda} = 80$$

$$Q = 1.6$$

$$K = \text{Coeficiente del material} = 4.5$$

Sustituyendo, se tiene:

$$F_w = 29 \times 7.62 \times 1.6 \times 4.15$$

$$F_w = 1467 \text{ Kg.}$$

### 3.6.3.3 Carga dinámica

$$F_d = \frac{0.0405 e n_1 N_1 b r_1 r_2}{\sqrt{r_1^2 + r_2^2}}$$

Donde;

$$e = \text{Error de perfil} = 0.091 + 0.0100 = 0.0191 \text{ cm.}$$

$$n_1 = \text{Número de revoluciones por minuto del piñón} = 160 \text{ rpm.}$$

$$N_1 = \text{Número de dientes del piñón} = 20$$

$$b = \text{Longitud del diente} = 7.62 \text{ cm.}$$

$$r_1 = \text{Radio primitivo del piñón} = 14.5 \text{ cm.}$$

$$r_2 = \text{Radio primitivo de la rueda} = 58 \text{ cm.}$$

Sustituyendo se tiene:

$$F_d = \frac{0.0405 \times 0.0191 \times 160 \times 20 \times 7.62 \times 14.5 \times 58}{\sqrt{(14.5)^2 + (58)^2}}$$

$$F_d = 265.34 \text{ Kg.}$$

### 3.6.3.4 Fuerza restante

$$F_t = F_w - F_d = 1467 - 265.34 = 1201.66 \text{ Kg.}$$

$$F_t = 1201.66 \text{ Kg.}$$

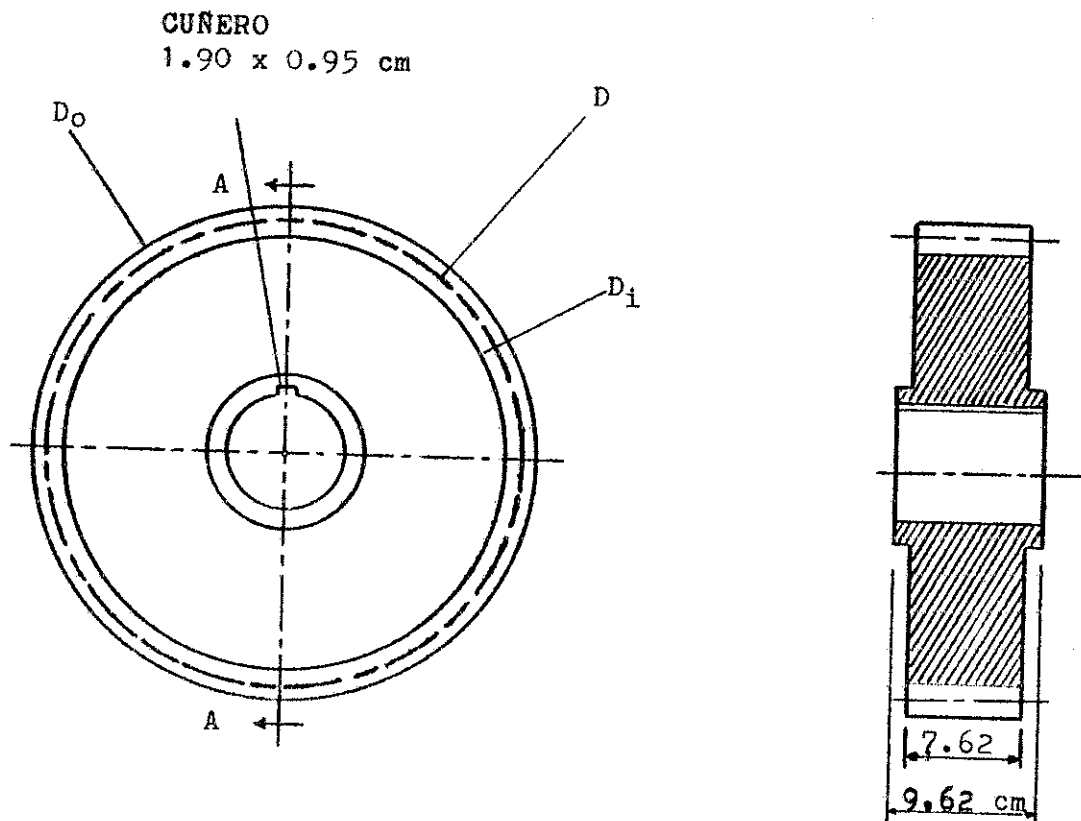
Siendo  $F_t$  la fuerza que pueden soportar los dientes de el piñón, de donde se deduce que la potencia que puede soportar transmitir es la siguiente:

$$Pot = \frac{F_t \times V}{4550} \text{ hp. donde, } V = \frac{n_1 d_1}{100} = \frac{3.14 \times 29 \times 160}{100}$$

$$Pot = \frac{1201.66 \times 145.77}{4550} \quad V = 145.77 \text{ m/min.}$$

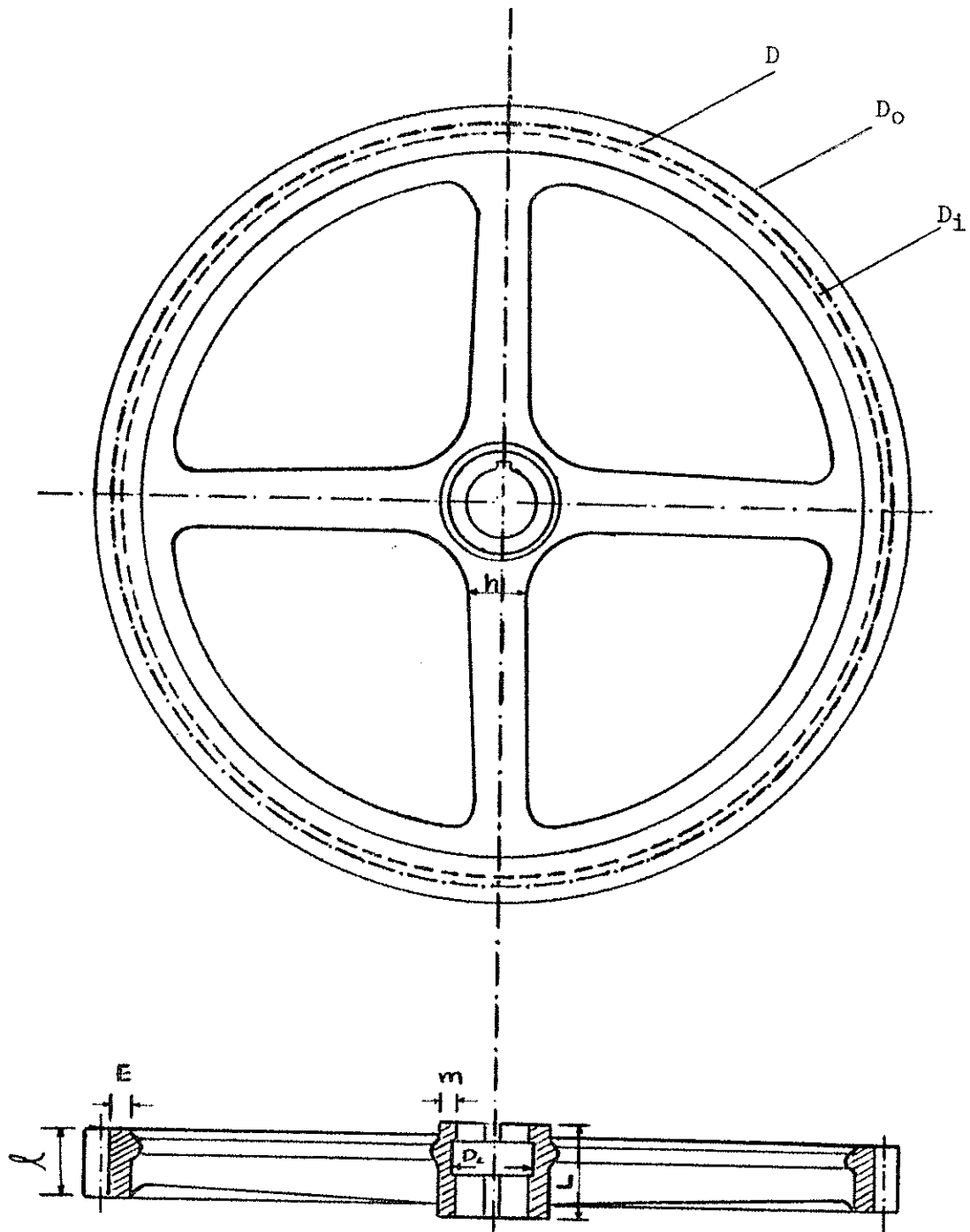
$$Pot = 38.50 \text{ hp} = 39 \text{ hp}$$

$$Pot = 39 \text{ Cv.}$$



PIÑÓN

Fig. No. 3.30



RUEDA DENTADA

Fig. No. 3.31

### 3.6.4 Material de las ruedas dentadas

Las especificaciones para su adquisición están determinadas por los resultados de esfuerzos conjuntos realizados por el American Iron and Steel Institute (AISI) y la Society of Automotive Engineers (SAE), las cuales son:

AISI No. C1035

SAE No. 1035

% de carbono (C)	0.32 - 0.38
% de manganeso (Mn)	0.60 - 0.90
% de fósforo (P) máximo.	- 0.04
% de Azufre (S) máximo.	- 0.05

Estado	Laminado en Caliente
Resistencia a la tracción (Sult)	6000 Kg/cm. <sup>2</sup>
Tensión de fluencia (Syp)	3800 Kg/cm. <sup>2</sup>
% Alargamiento en 5 cm.	30 %
% Estricción	53 %
Dureza Brinell	183
Dureza Rockwell	B90
Maquinabilidad	65 %

### 3.6.5 Cálculo de potencia requerida en el piñón

Según cálculos hechos, se llega a determinar que el par (torque) requerido para poder mezclar los materiales de mezcla es de  $T = 198 \text{ Kg-m.}$ , que es el par que tiene que transmitir el eje mediante la rueda dentada.

Debido a que el par en los dientes de la rueda a la altura del diámetro primitivo será el mismo que en el eje de esta, pero la fuerza será diferente, por lo que se calculará la fuerza (F) de la siguiente forma:

$$T = F \times r \quad (\text{Kg-m}) = \text{par motriz (torque) Kg-m.}$$

Donde  $F =$  fuerza a la altura del radio primitivo (Kg).

$r =$  radio primitivo (m).

Sustituyendo se tiene:

$$T = 198 \text{ Kg-m,} \quad r = 0.58 \text{ m.}$$

$$F = \frac{198 \text{ Kg-m}}{0.58 \text{ m}} = 341 \text{ Kg.}$$

$$F = 341 \text{ Kg.}$$

Esta fuerza es la que tiene que transmitir el piñón para poder producir el par deseado en las aspas.

Teniendo la fuerza que tiene que transmitir el piñón, se puede calcular el par (torque) necesario en el eje del piñón y en la salida de la caja reductora de velocidades de la siguiente forma:

$$T = F \times r \quad (\text{Kg-m}).$$

$$T = 341 \text{ Kg.} \times \text{radio primitivo del piñón. (m)}$$

$$T = 341 \text{ Kg.} \times 0.145 \text{ m.}$$

$$T = 49.445 \text{ Kg-m.}$$

Teniendo el par (torque) en el piñón y calculando las revoluciones en el piñón por medio de una relación de velocidades, se puede calcular la potencia requerida en el piñón así:

$$\text{Pot (cv)} = \frac{T \times N_2}{716}$$

Donde, Pot = potencia en Cv.

T = par motriz (torque) en Kg-m.

N<sub>2</sub> = número de revoluciones en el piñón. (rpm)

Calculando las revoluciones se tiene:

por relación de velocidades,

$$N_1 \times r_1 = N_2 \times r_2$$

Donde, N<sub>1</sub> = número de revoluciones por minuto de rueda dentada en rpm.

N<sub>2</sub> = número de revoluciones por minuto de piñón en rpm.

r<sub>1</sub> = radio primitivo de rueda dentada en cm.

r<sub>2</sub> = radio primitivo de piñón en cm.

Sustituyendo y despejando se tiene:

$$N_2 = \frac{N_1 \times r_1}{r_2} = \frac{40 \times 58}{14.5} = 160 \text{ rpm.}$$

$$N_2 = 160 \text{ rpm.}$$



Sustituyendo, se tiene que la potencia requerida en el piñón es la siguiente:

$$\text{Pot} = \frac{49.445 \times 160}{716} = 11 \text{ Cv.}$$

$$\text{Pot} = 11 \text{ Cv.}$$

### 3.7 Eje

Por lo general, el diseño de ejes consiste básicamente en la determinación del diámetro correcto del eje, para asegurar rigidez y resistencia satisfactoria cuando el eje transmite potencia en diferentes condiciones de carga y operación.

La ecuación del código ASME para un eje macizo, se reduce a:

$$d^3 = \frac{16}{\pi S_s} \sqrt{(K_b M_b)^2 + (K_t M_t)^2}$$

Donde se puede observar, la combinación de: torsión, flexión. La carga axial por ser pequeña o nula se desprecia

Donde,

$d$  = Diámetro exterior del eje en cm.

$S_s$  = Esfuerzo permisible en Kg/cm<sup>2</sup>.

$K_b$  = Factor combinado de choque y fatiga, aplicado al momento flector.

$K_t$  = Factor combinado de choque y fatiga, aplicado al momento torsor.

$M_b$  = Momento de flexión en Kg-cm.

$M_t$  = Momento de torsión en Kg-cm.

#### 3.7.1 Determinación del diámetro del eje

##### 1.- Determinación de variables

##### 1.1.- Esfuerzo Permisible ( $S_s$ ).

Según el código ASME, se especifica que para ejes comprados con especificaciones definidas, el esfuerzo permisible ( $S_s$ ), es igual al 30% del límite elástico, sin sobrepasar del 18% del esfuerzo último en tracción, y si existen cuñeros, deben reducirse estos valores en un 25%.

### 1.1.1.- Material para el eje

Las especificaciones para su adquisición están determinadas por los resultados de esfuerzos conjuntos realizados por el American Iron and Steel Institute (AISI) y la Society of Engineers (SAE), las cuales son:

AISI No. C1045

SAE No. 1045

% de carbono (C)	0.43 - 0.50
% de manganeso (Mn)	0.60 - 0.90
% de fósforo (P) máximo.	- 0.04
% de azufre (S) máximo.	- 0.05
Estado	Laminado en caliente
Resistencia a la tracción (Sult)	6900 Kg/cm <sup>2</sup>
Tensión de fluencia (Syp)	4100 Kg/cm <sup>2</sup>
% Alargamiento en 5 cm.	24 %
% Estricción	45 %
Dureza Brinell	212
Dureza Rockwell	C16
Maquinabilidad	56 %

Teniendo las especificaciones, podemos definir el esfuerzo permisible (Ss).

30% del límite elástico tenemos:

$$S_s = 1230 \text{ Kg/cm}^2$$

Este no sobrepasa el 18% del esfuerzo último de tracción que es de 1242 Kg/cm<sup>2</sup>

A este valor de esfuerzo permisible, se le resta el 25% debido que en el eje existen cuñeros y el esfuerzo permisible queda así:

$$S_s = 922.50 \text{ Kg/cm}^2$$

1.2.- Factores de choque y fatiga aplicados al momento torsor y momento flector ( $K_t$ ), ( $K_b$ ).

Según el código ASME, para ejes en rotación y cargas repentinas (choque menor), se tienen los siguientes factores:

$$K_t = 1.4$$

$$K_b = 1.8$$

1.3.- Momento torsor ( $M_t$ )

El momento torsor lo calculamos en la sección 3.5, el cual dio el valor de:

$$M_t = 19800.00 \text{ Kg-cm.}$$

1.4.- Momento flector ( $M_b$ )

El momento flector se calculará utilizando el diagrama de momentos siguiente:

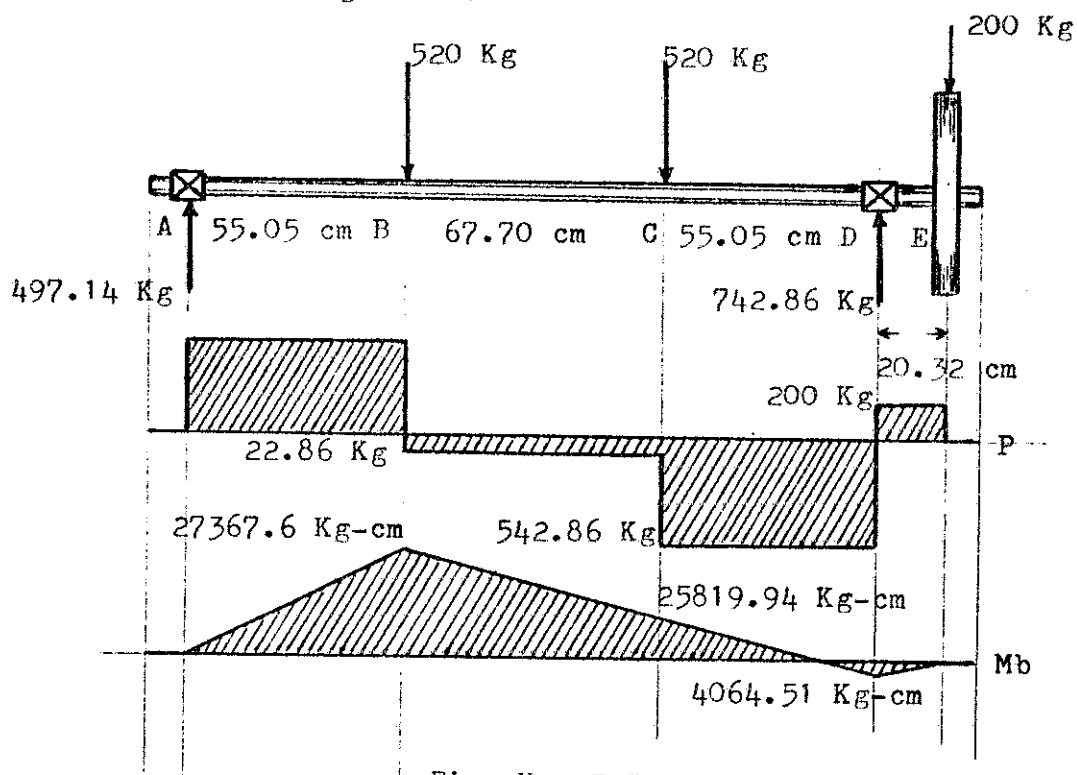


Fig. No. 3.32

Cálculo de cargas verticales en Kg.

Sumatoria de cargas verticales = 0

$$R_A + (-520) + (-520) + R_D + (-200) = 0$$

Sumatoria de momentos en  $R_A = 0$

$$520 \times 55.05 + 520 \times 122.75 - R_D \times 177.80 + 200 \times 198.12 = 0$$

$$R_D = 742.86 \text{ Kg.}$$

Se sustituye  $R_D$  en la ecuación de cargas verticales y tenemos:

$$R_A = 497.14 \text{ Kg.}$$

Cálculo de momentos flexionantes en Kg-cm.

Sumatoria de áreas = 0

$$497.14 \times 55.05 - 22.86 \times 67.7 - 542.86 \times 55.05 + 200 \times 20.32 = 0$$

En la figura, se puede observar que el momento máximo ocurre en el punto B, donde el momento flector  $M_b = 27367.6 \text{ Kg-cm.}$

$$M_b = 27367.6 \text{ Kg-cm.}$$

Determinadas las variables de la ecuación del código ASME para determinar el diámetro de un eje macizo, se pueden sustituir estas en la ecuación y obtener el valor del diámetro del eje.

$$d^3 = \frac{16}{\pi S_s} \sqrt{(K_b M_b)^2 + (K_t M_t)^2}$$

$$d^3 = \frac{16}{3.14 \times 922.50} \sqrt{(1.8 \times 27367.6)^2 + (1.4 \times 19800)^2}$$

$$d^3 = \frac{16}{2898.12} \times 56625.32$$

$$d^3 = 312.065 \text{ cm}^3$$

$$d = 6.78 \text{ cm.}$$

De donde el supuesto de  $d = 7.62 \text{ cm.}$  es aceptable, por lo que el diámetro del eje que vamos a utilizar es de  $d = 7.62 \text{ cm.}$  y mejora de esta forma el coeficiente de seguridad en el mismo, el cual se calculará a continuación:

Según el código ASME, la ecuación que se utilizara es:

$$\frac{0.5S_{yp}}{CS} = \frac{16}{d^3 \pi} \sqrt{(K_b M_b)^2 + (K_t M_t)^2}$$

$$CS = \frac{0.5 \times 4100}{\frac{16}{7.62^3 \times 3.14} \sqrt{(1.8(27367.6))^2 + (1.4(19800))^2}}$$

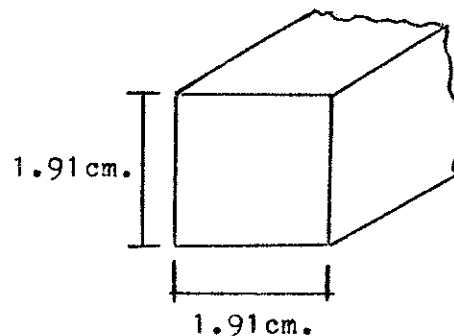
$$CS = 3.15$$

### 3.8 Chavetas

Los ejes y acoplamientos se unen generalmente mediante chavetas. En este proyecto, se utilizarán chavetas del tipo cuadrado, cuyas medidas se obtienen según el diámetro del eje que se va a utilizar.

#### 3.8.1 Dimensiones de chavetas

Según el código ASA B17. 1-1943, para un diámetro de  $d = 7.62$  cm. se tienen las dimensiones de  $1.91 \times 1.91$  centímetros, ver figura.



#### 3.8.2 Distribución de fuerzas en las chavetas

La distribución de fuerzas en las chavetas depende del ajuste de la chaveta en las ranuras del eje y cubo. Además, las tensiones no son uniformes a lo largo de la chaveta en dirección axial; son las máximas las que están cerca de los extremos.

Se supone que todo el par es absorbido por una fuerza tangencial  $F$  situada en la superficie del eje así.

$$T = Fr$$

#### 3.8.3 Longitud de chaveta

Basándose en el momento torsor bruto se tiene:

Para eje:

$$S_{yp} = 4100 \text{ Kg/cm}^2, \text{ tensión de trabajo, } S = \frac{4100}{3.15} = 1301.58$$

$$S_{syp} = 1301.58 \text{ Kg/cm}^2, \text{ tensión de trabajo, } S_s = \frac{1301.58}{3.15}$$

$$S_s = 313.2 \text{ Kg/cm}^2$$

Para chaveta:

Primero se tiene que determinar el material que se va a utilizar para la chaveta, para poder saber la tensión de trabajo, por lo que a continuación se darán las especificaciones del material de la chaveta.

Las especificaciones para su adquisición están determinadas por los resultados de esfuerzos conjuntos realizados por el American Iron and Steel Institute (AISI) y la Society of Automotive Engineers (SAE), las cuales son:

AISI No. C1035

SAE No. 1035

% de carbono (C)	0.32 - 0.38
% de manganeso (Mn)	0.60 - 0.90
% de fósforo (P) máximo.	- 0.04
% de azufre (S) máximo	- 0.05

Estado	Laminado en caliente
Resistencia a la tracción (Sult)	6000 Kg/cm <sup>2</sup>
Tensión de fluencia (Syp)	3800 Kg/cm <sup>2</sup>
% Alargamiento en 5 cm.	30 %
% Estricción	53 %
Dureza Brinell	183
Dureza Rockwell	B90
Maquinabilidad	65 %

Para chaveta:

$$S_{yp} = 3800 \text{ Kg/cm}^2, \text{ tensión de trabajo } S = \frac{3800}{3.15} = 1206.35$$

$$S_{syp} = 1206 \text{ Kg/cm}^2, \text{ tensión de trabajo } S_s = \frac{1206}{3.15} = 382.96$$



Se tiene un momento polar de inercia de;

$$J = \frac{\pi d^4}{32} = \frac{3.14 \times (2.62)^4}{32} = 334.48 \text{ cm}^4$$

$$\text{Par en el eje: } T = \frac{SsJ}{r} = \frac{413.2 \times 334.48}{3.81}$$

$$T = 36275.06 \text{ Kg-cm.}$$

Fuerza en la superficie del eje:

$$F = \frac{T}{r} = \frac{36275}{3.81} = 9521 \text{ Kg.}$$

Basándose en el apoyo en el eje se tiene:

$$l = \frac{9521}{1301.58 \times 0.955} = 7.6596 \text{ cm.}$$

Basándose en el apoyo de la chaveta se tiene:

$$l = \frac{9521}{1206.35 \times 0.955} = 8.264 \text{ cm.}$$

Basándose en la Cortadura de la Chaveta se tiene:

$$l = \frac{9521}{382.96 \times 1.91} = 13.02 \text{ cm.}$$

### 3.9 Compuertas

#### 3.9.1 Forma de compuertas

En las figuras siguientes, se puede observar la forma de las compuertas, tanto de entrada de material, como en salida de mezcla.

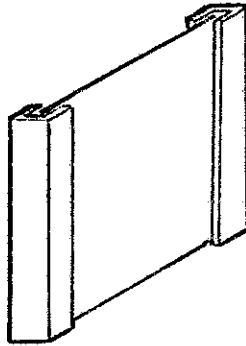


Fig. No. 3.34

COMPUERTA DE ENTRADA

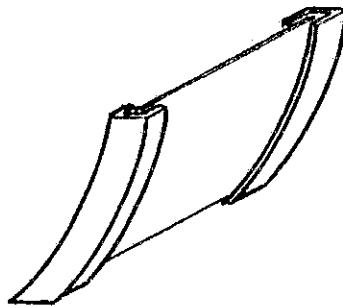


Fig. No. 3.35

COMPUERTA DE SALIDA

### 3.9.2 Dimensiones de compuertas

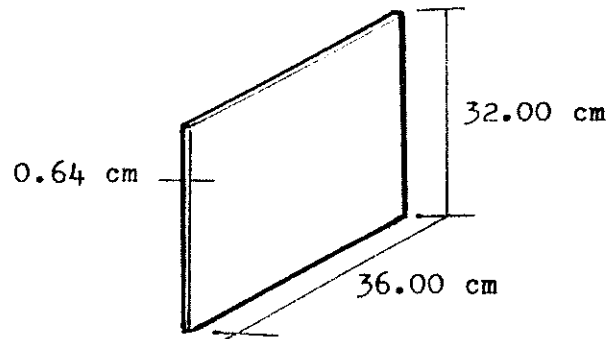


Fig. No. 3.36

### 3.9.3 Material de compuertas

Las especificaciones para su adquisición están determinadas por los resultados de esfuerzos conjuntos realizados por el American Iron and Steel Institute (AISI) y la Society of Automotive Engineers (SAE), las cuales son:

AISI No. C1010

SAE No. 1010

% de carbono (C)	0.08 - 0.13
% de manganeso (Mn)	0.30 - 0.60
% de fósforo (P) máximo	- 0.04
% de azufre (S) máximo	- 0.05

Estado	Laminado en caliente
Resistencia a la tracción (Sult)	3550 Kg/cm <sup>2</sup>
Tensión de fluencia (Syp)	2050 "
% Alargamiento en 5 cm.	38 %
% Estricción	70 %
Dureza Brinell	101
Dureza Rockwell	
% Maquinabilidad	40 %

### 3.9.4 Mecanismo de compuertas

El mecanismo de compuertas, se puede considerar como un mecanismo manual, por medio del cual se levanta o se baja una compuerta con el propósito de que entre material y salga mezcla de la mezcladora; la figura siguiente muestra el mecanismo de compuertas para esta mezcladora:

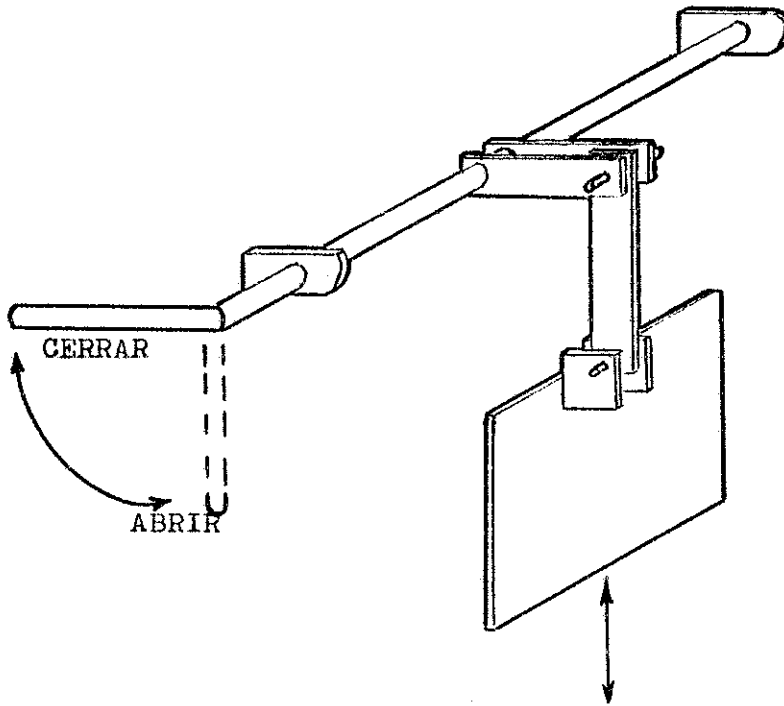


Fig. No. 3.37

### 3.10 Selección del acoplamiento

Debido a las condiciones de trabajo de las mezcladoras, la potencia, la velocidad, el par (torque) y la facilidad de mantenimiento, se puede seleccionar un acoplamiento de la categoría de los que proporcionan flexibilidad por medio de elementos que flexionan un material tal como el acero, por las siguientes características:

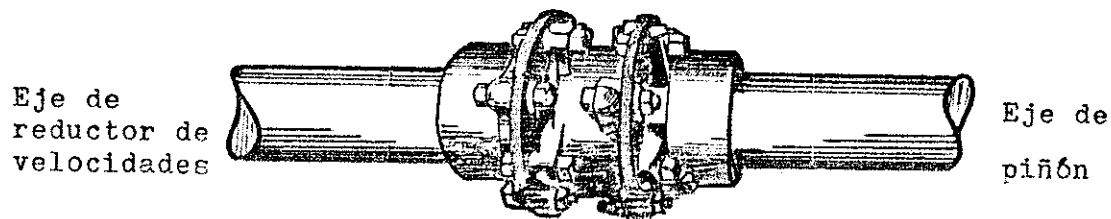
Estos acoplamientos descansan enteramente en el principio de flexión de un anillo de acero laminado. No hay partes deslizantes, de manera que no se requiere otro mantenimiento que el de comprobar ocasionalmente lo apretado de los pernos y asegurarse de que el alineamiento es adecuado. Las partes son todas metálicas y, bajo condiciones ordinarias, no están sujetas a deterioro. Para condiciones de ambiente que sean severas, se dispone de acero inoxidable u otros materiales no corrosivos.

El acoplamiento es completamente reparable sin estorbar el equipo conectado, y ofrece lo último en mantenimiento preventivo en que se puede inspeccionar minuciosamente con una luz estroboscópica.

Si el examen revela un anillo de disco laminado que muestra signos de deterioro, se deberá reemplazar el anillo. Se debe comprobar inmediatamente el alineamiento, puesto que el deterioro de los anillos laminados es una indicación de flexión excesiva, debido a un desalineamiento mayor que la capacidad del acoplamiento. Todos los pernos deben estar apretados para asegurar el funcionamiento apropiado.

Esto es un acoplamiento en línea y se recomienda que se reduzca al mínimo posible el desalineamiento inicial.

Específicamente se puede seleccionar un acoplamiento de disco metálico-trabajo rudo, velocidad media. (ver figura.)



ACOPLAMIENTO

Fig. No. 3.38

### 3.11 Reductor de velocidades

Para poder seleccionar la transmisión por engranajes apropiada para cualquier aplicación, será necesario determinar los requerimientos de potencia de la unidad y la relación de velocidades entre los ejes de entrada y de salida.

Potencia y velocidad requerida para accionar la mezcladora

Según los cálculos hechos, se tiene que los valores de potencia y velocidad necesarios en el piñón son los siguientes:

$$P_p = \text{Potencia en el piñón} = 11 \text{ Cv.}$$

$$V_p = \text{Velocidad en el eje del piñón} = 160 \text{ rpm.}$$

Teniendo los datos anteriores, se puede calcular la potencia y la relación de velocidades para la unidad reductora de velocidades de la siguiente forma:

Por tener la mezcladora las siguientes características:

- 1.- De choque moderado
- 2.- De impulso por medio de motor eléctrico

Se utiliza un factor de servicio de  $FS = 1.5$

$$\begin{aligned} \text{Potencia de unidad reductora} &= P_p \times FS \\ &= 11 \times 1.5 \end{aligned}$$

$$\text{Potencia de unidad reductora} = 16.5 \text{ Cv.}$$

Potencia y velocidad en el motor primario

Se puede utilizar un motor primario con las siguientes características:

$$\text{Potencia en el motor primario } P_m = 20 \text{ Cv.}$$

$$\text{Velocidad en el motor primario } V_m = 1770 \text{ rpm.}$$

### Relación de velocidades (Rv)

Para determinar la relación de velocidad entre los ejes de entrada y de salida de la unidad reductora, se parte de la velocidad en el motor primario  $V_m = 1770$  rpm., y por medio de dos poleas de los siguientes diámetros: la primera de 13 cms. de diámetro y la segunda de 36 cms. de diámetro, se llega a la entrada de la unidad reductora, con una velocidad de entrada de  $V_e = 640$  rpm.; la relación de velocidades (Rv) es la siguiente:

$$\begin{aligned} R_v = \text{Relación de velocidades} &= \frac{V_e}{V_p} \\ &= \frac{640}{160} \end{aligned}$$

$$R_v = \text{Relación de velocidades} = 4$$

Con los datos calculados, se puede obtener un reductor de velocidades que cumpla con las condiciones de funcionamiento requeridas en nuestra máquina.

### 3.12 Piezas de la mezcladora

A continuación, se enumeran las piezas de la mezcladora; se principia con las piezas de la estructura, luego las piezas de los mecanismos de las compuertas, para continuar con las piezas de las aspas, y finalizar con las piezas de todo el mecanismo motriz de la mezcladora.

Se clasificarán por medio de un código, que es el siguiente:

Se utilizará primero la literal P que significa pieza, luego a continuación, otras letras que nos especifican a qué parte de la mezcladora pertenece la pieza, para continuar con un número que nos indica el número de pieza, un guion, y se finaliza con un número que indica la cantidad de piezas que se necesitan de dicha pieza en la máquina mezcladora.

Ejemplo:

Se tiene el código PCM1-1, cuyas posiciones nos indican:

- P = literal de pieza
- CM = literales que especifican a qué parte de la mezcladora pertenece la pieza.
- 1 = numeral que indica el número de la pieza.
- 1 = numeral que indica el número de piezas que se necesitan de dicha pieza en la maquina.

Literales que nos especifican a qué parte de la mezcladora pertenecen las piezas:

- CM = Casco de mezcladora.
- TM = Tolva de mezcladora.
- MCEM = Mecanismo de compuerta de entrada de mezcladora.
- MCSM = Mecanismo de compuerta de salida de mezcladora.
- MCESM = Mecanismo de compuerta de entrada como de salida de mezcladora.
- AM = Aspa de mezcladora.
- MMM = Mecanismo motriz de mezcladora.



Con las asignaciones que se hicieron se puede conocer qué significa el código que se utiliza como ejemplo:

P = Pieza.

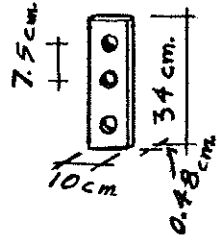
CM = Casco de mezcladora.

1 = Pieza número 1 de la mezcladora.

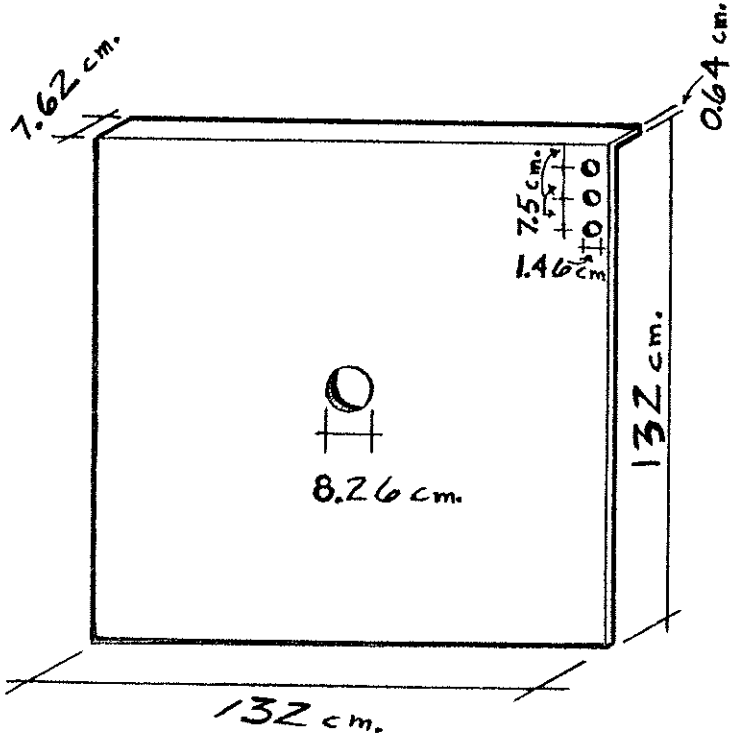
1 = Una sola pieza de estas se necesita en la mezcladora.

Código PCM1-1.



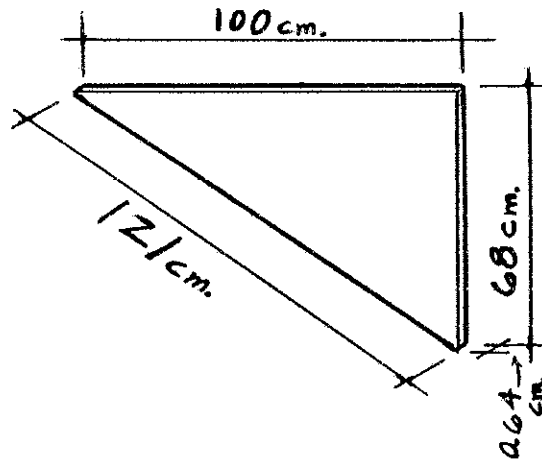


PCM2-4

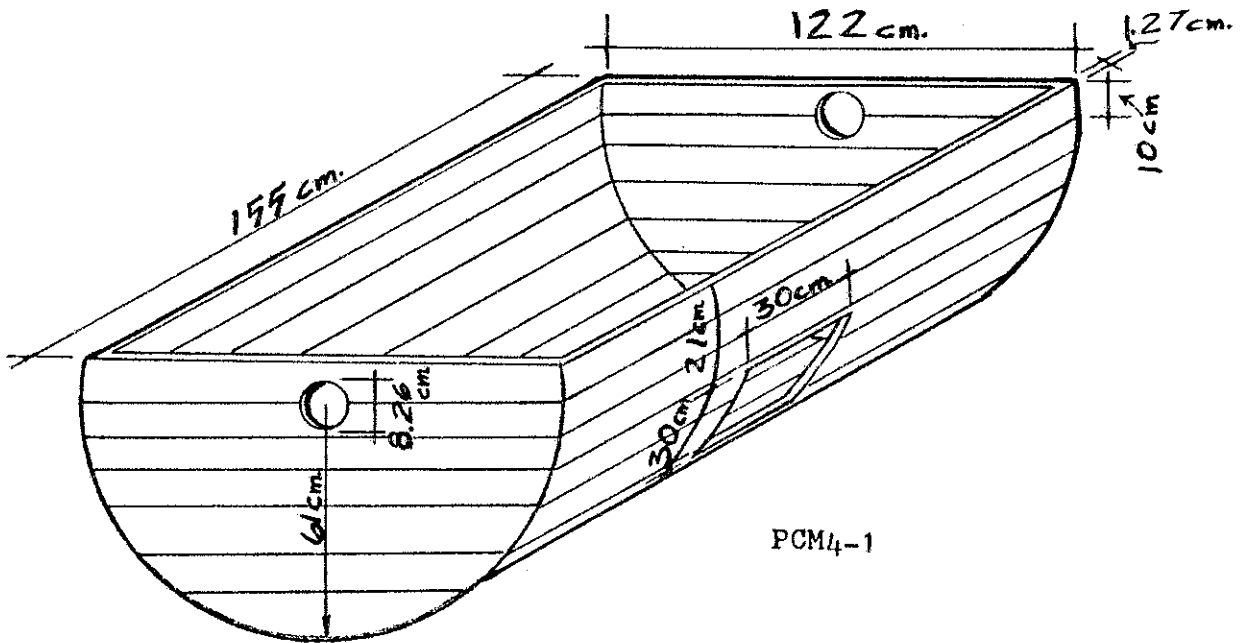


PCM3-2

Fig. No. 3.40



PTM5-2



PCM4-1

Fig. No. 3.41

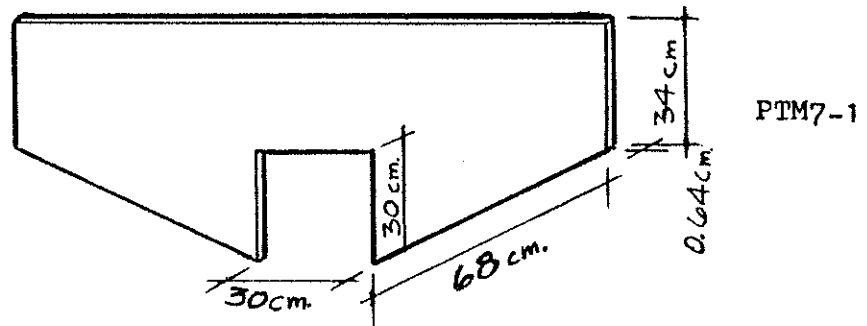
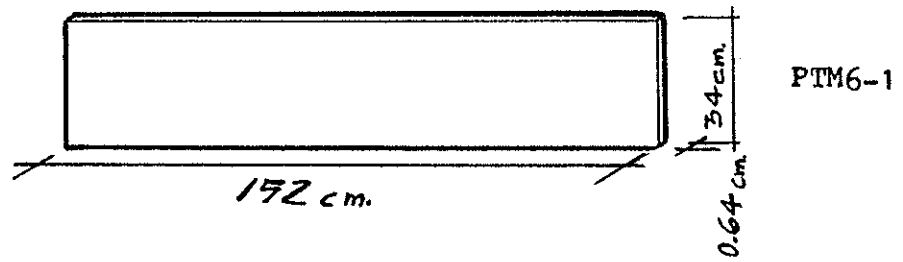


Fig. No. 3.42

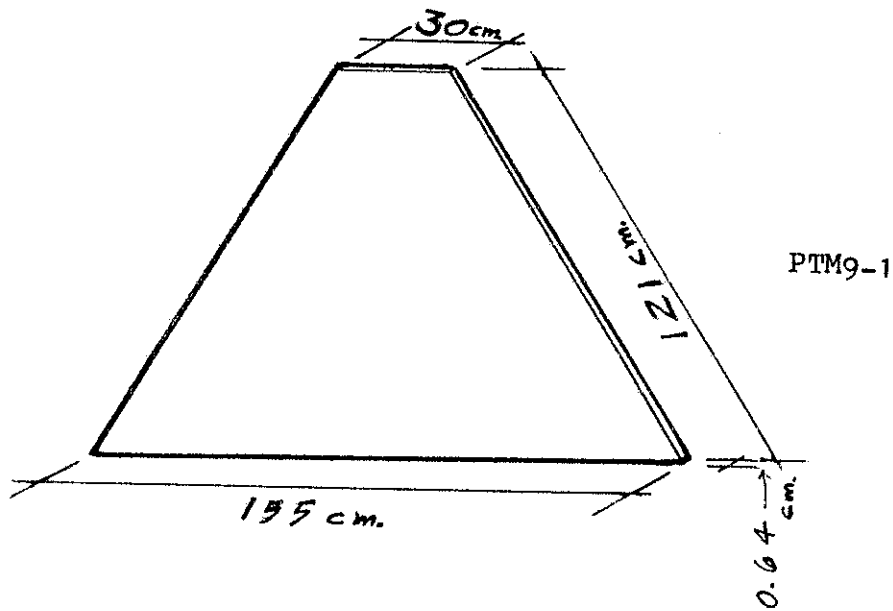
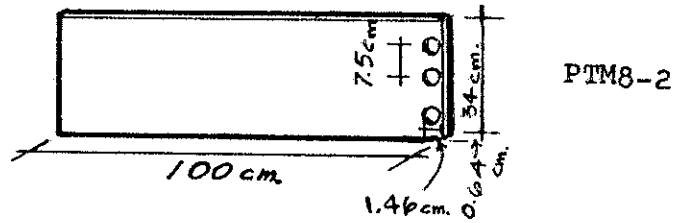


Fig. No. 3.43

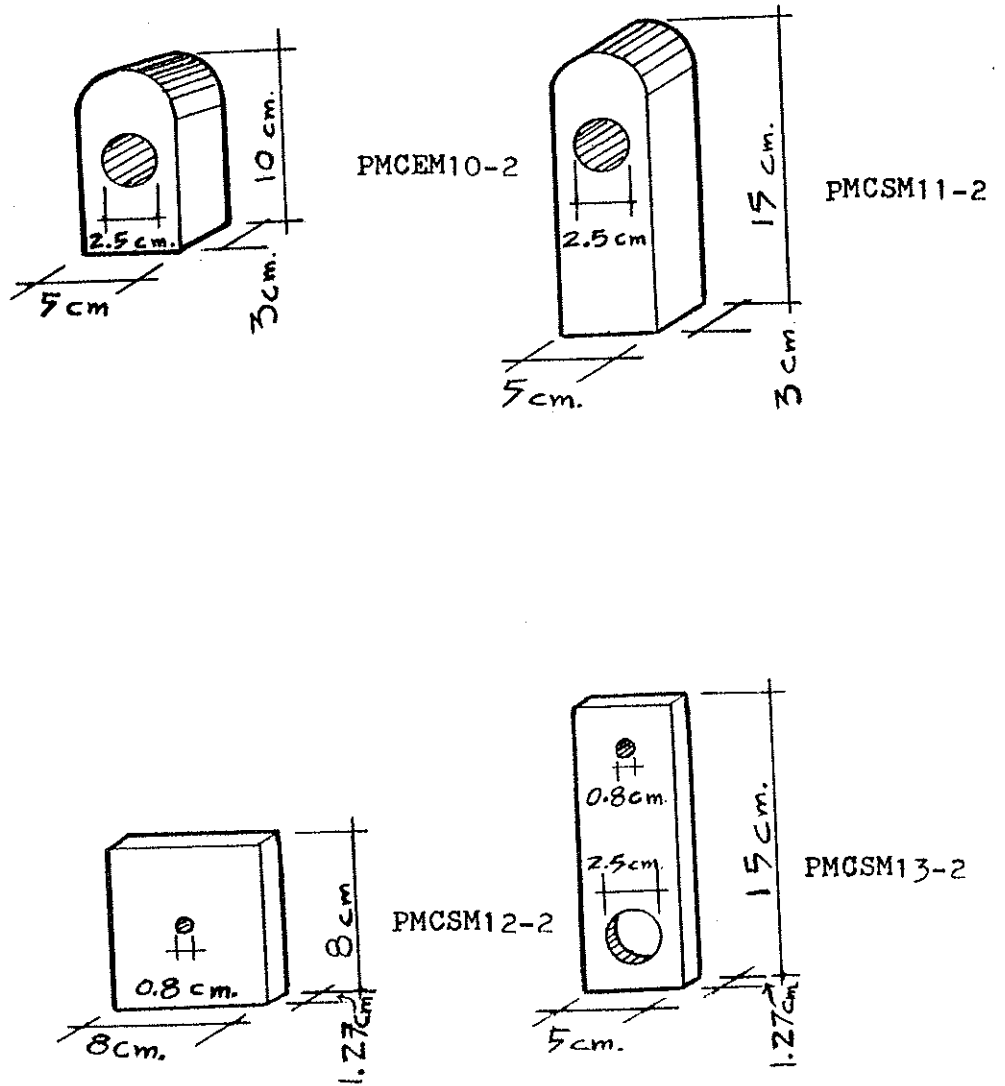


Fig. No. 3.44

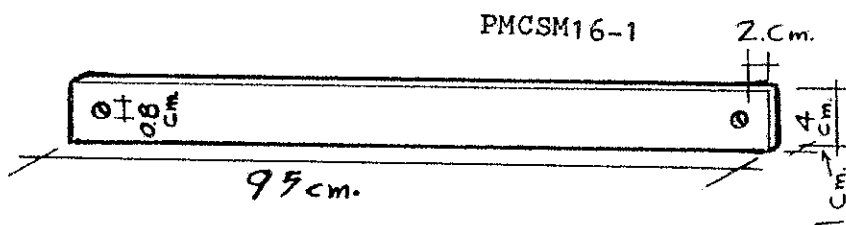
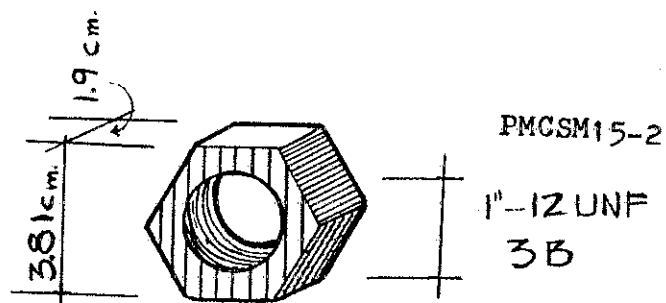
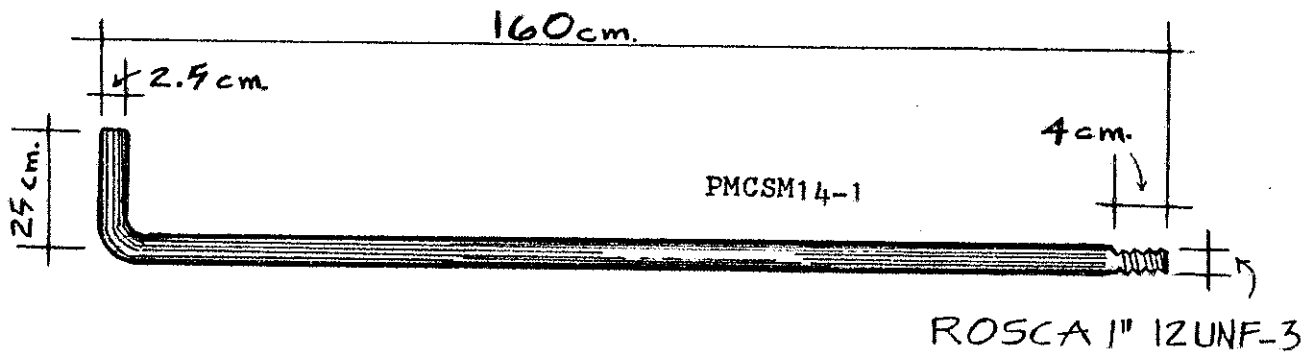


Fig. No. 3.45



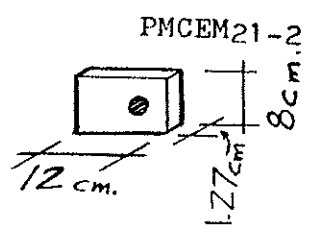
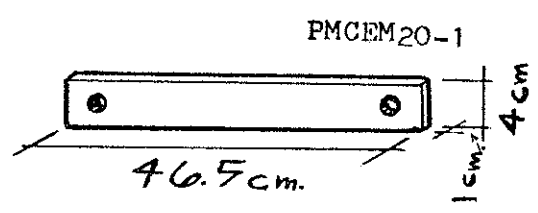
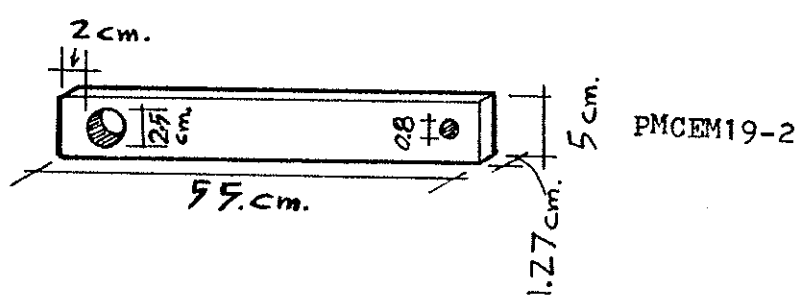
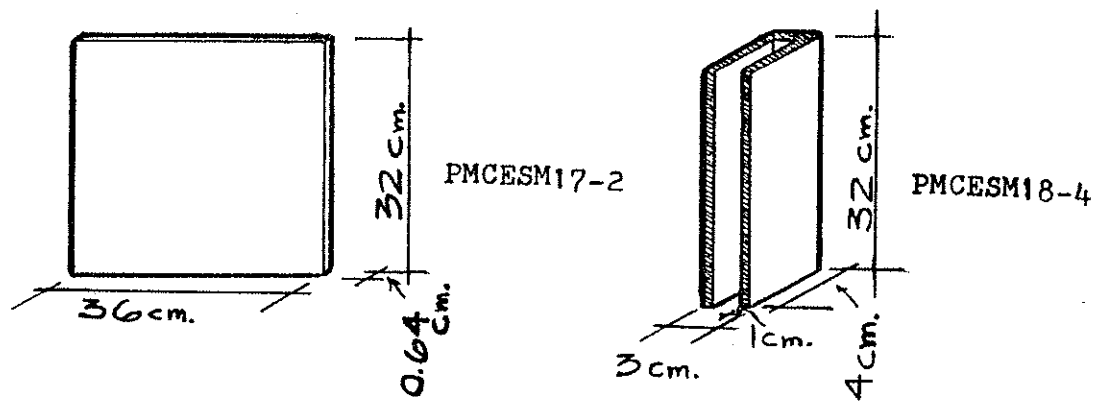


Fig. No. 3.46

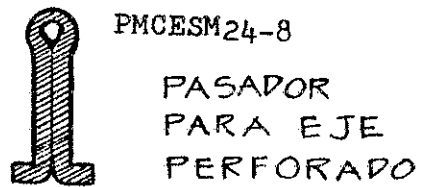
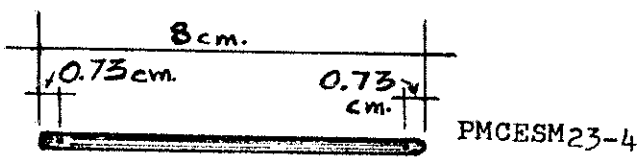
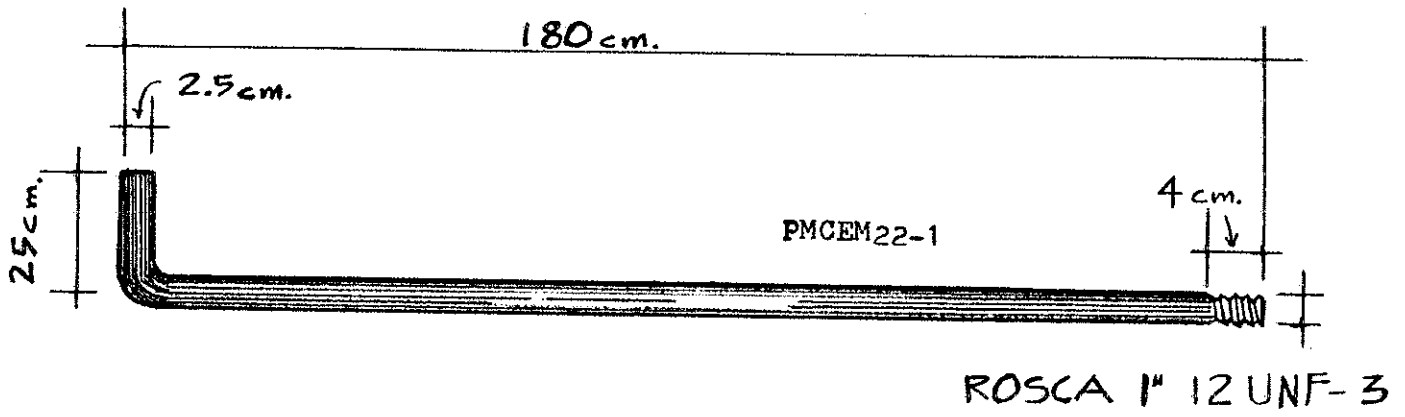


Fig. No. 3.47

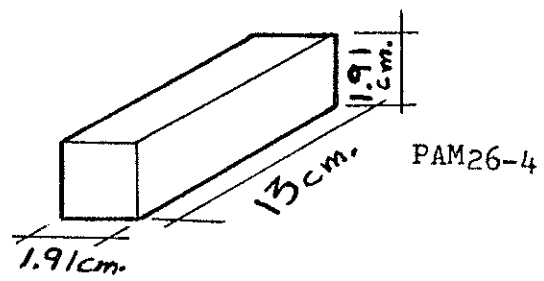
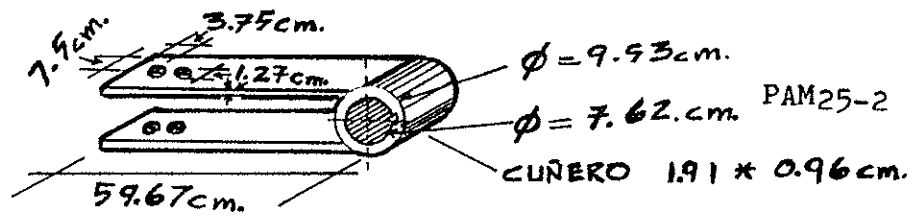


Fig. No. 3.48

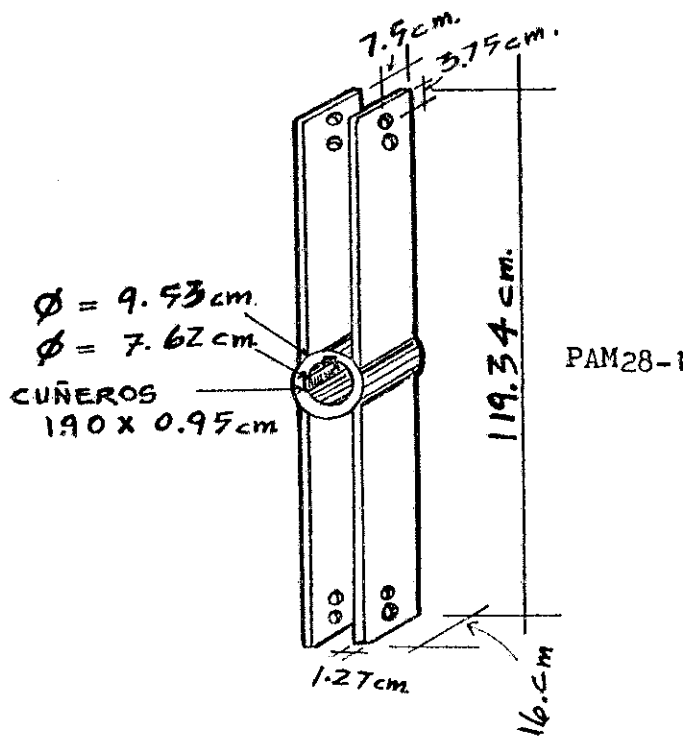
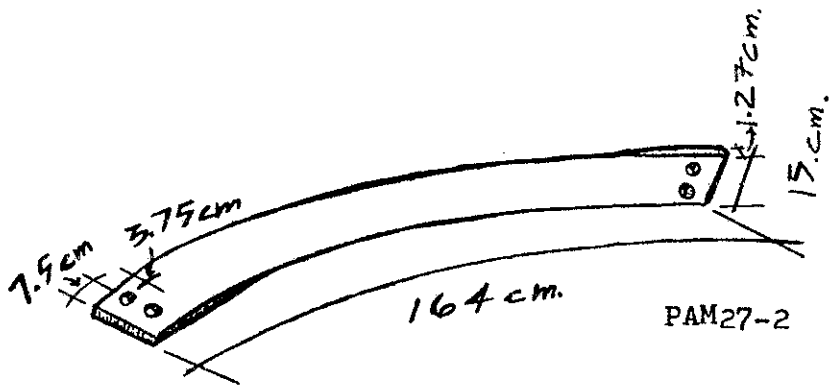


Fig. No. 3.49

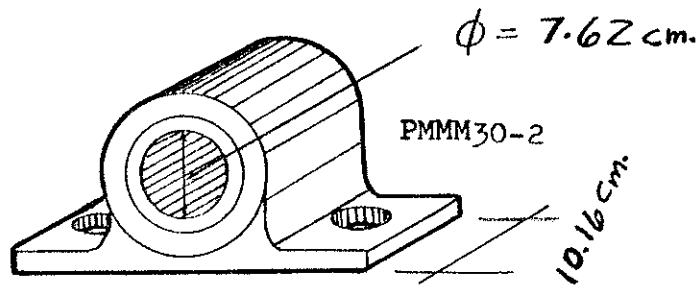
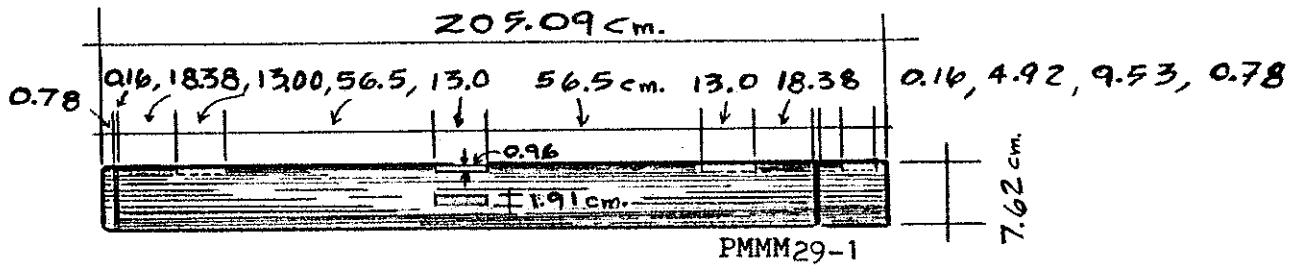


Fig. No. 3.50

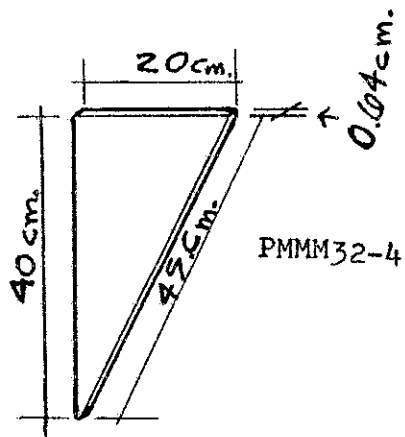
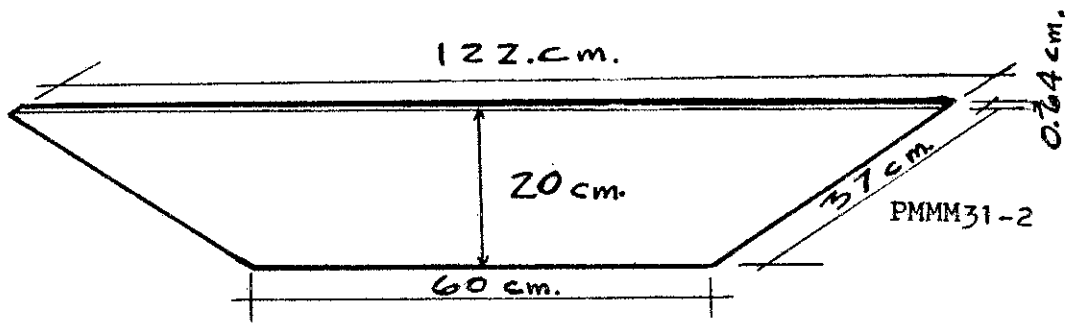
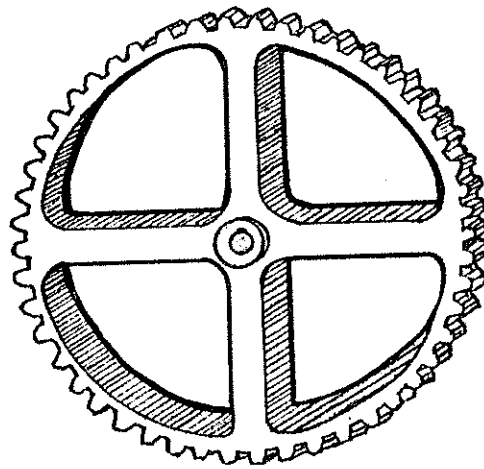
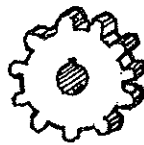


Fig. No. 3.51



PMMM33-1



PMMM34-1

Fig. No. 3.52

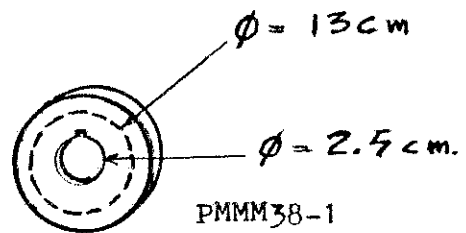
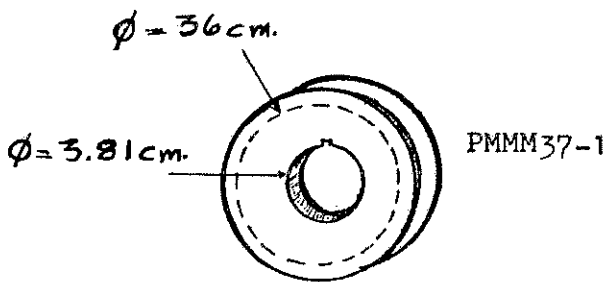
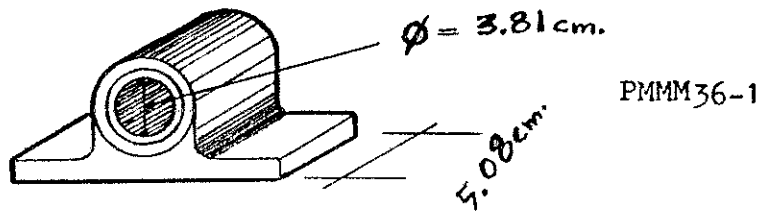
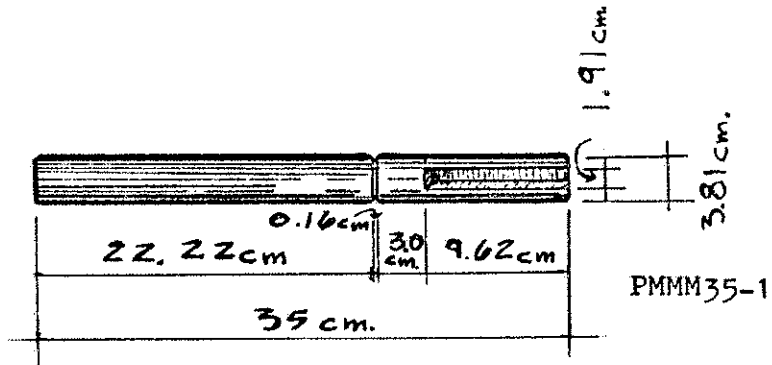
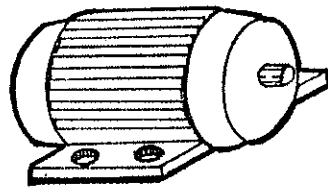
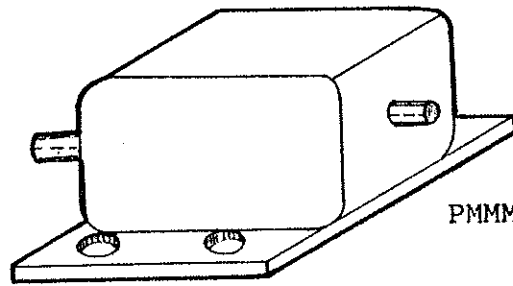


Fig. No. 3.53





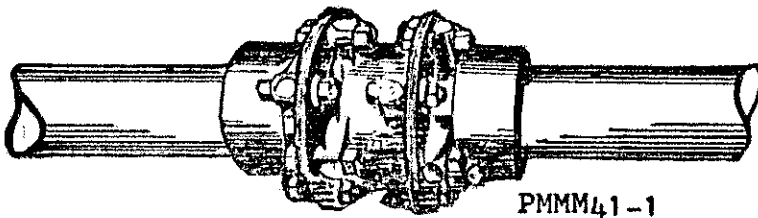
PMMM39-1



PMMM40-1

Fig. No. 3.54

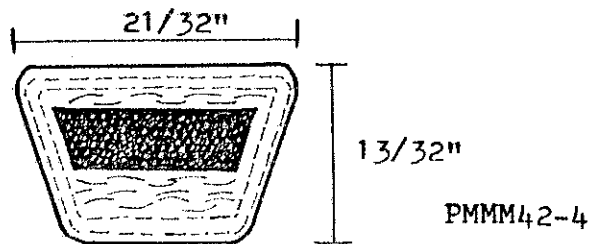
Eje de  
reductor de  
velocidades



Eje de  
piñón

PMMM41-1

ACOPLAMIENTO



Longitud 181.8 cm.

CORREA SECCION B

CAPÍTULO CUATRO

4.

## CONSTRUCCION DE LA MEZCLADORA

### 4.1 Estructura

Teniendo definidas las partes de la mezcladora, se procede primero por la estructura, por ser la que soporta la mayoría de los elementos de máquina de la mezcladora.

#### 4.1.1 Casco de estructura

Se suelda la tapadera de uno de los lados de la estructura, como se puede observar en la figura No. 4.1

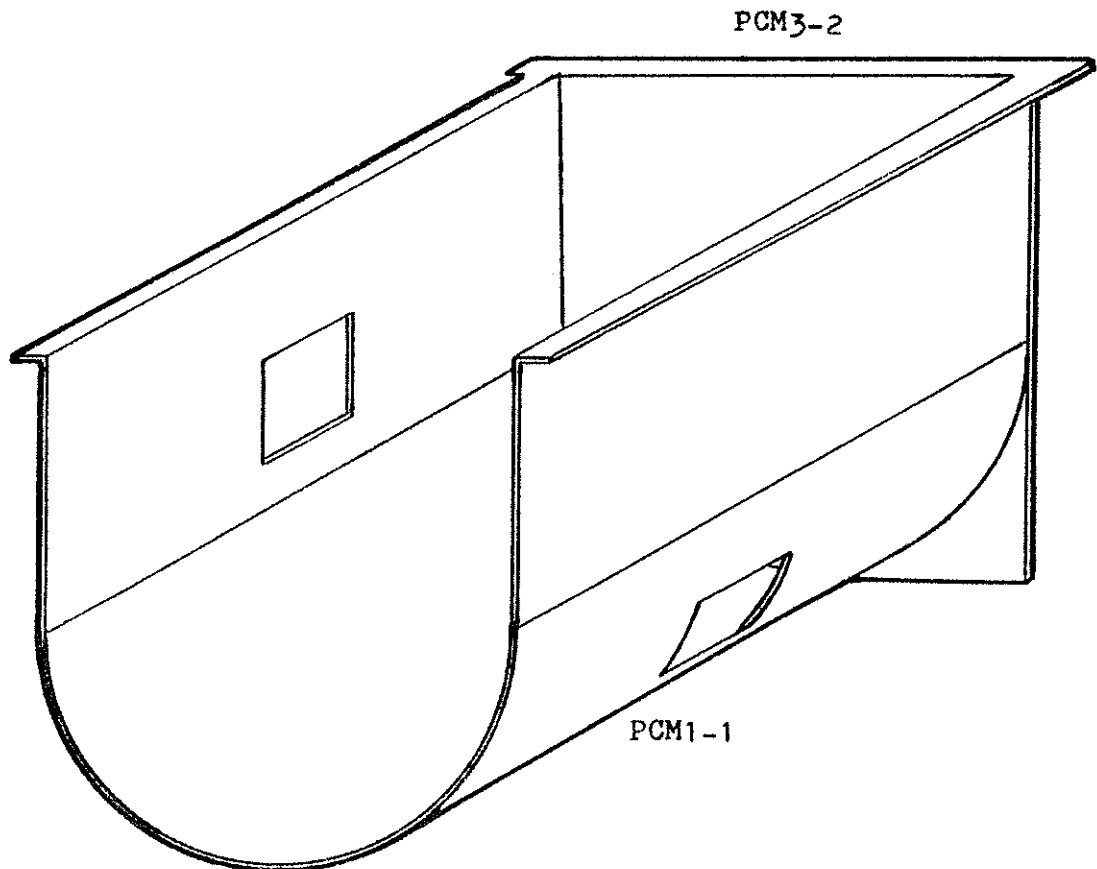


Fig. No. 4.1

#### 4.1.2 Camisa de casco de mezcladora

La camisa está formada por tiras de metal con un espesor de 1/2" pulgada (1.27 cm.) y un ancho de 10 cm., con las cuales se va formando la camisa, como se muestra en la figura No. 4.2.

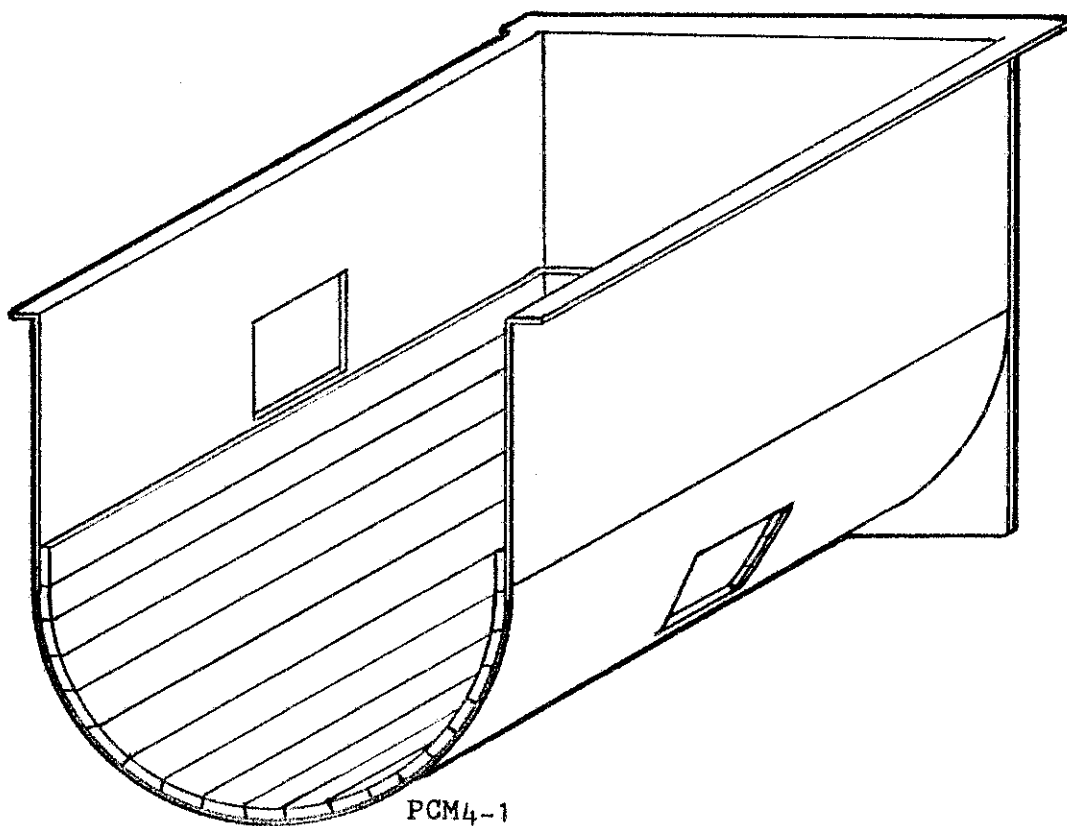


Fig. No. 4.2

#### 4.2 Montaje de chumaceras

El montaje de las chumaceras se realiza sobre una base de metal, de un espesor de 3/16" pulgadas (0.48 cms.) y de forma trapezoidal que esta soldada a la estructura de la mezcladora, exactamente en las tapaderas del casco, perpendicular al eje de la mezcladora; las chumaceras van atornilladas a esa base como muestra la figura No. 4.3.

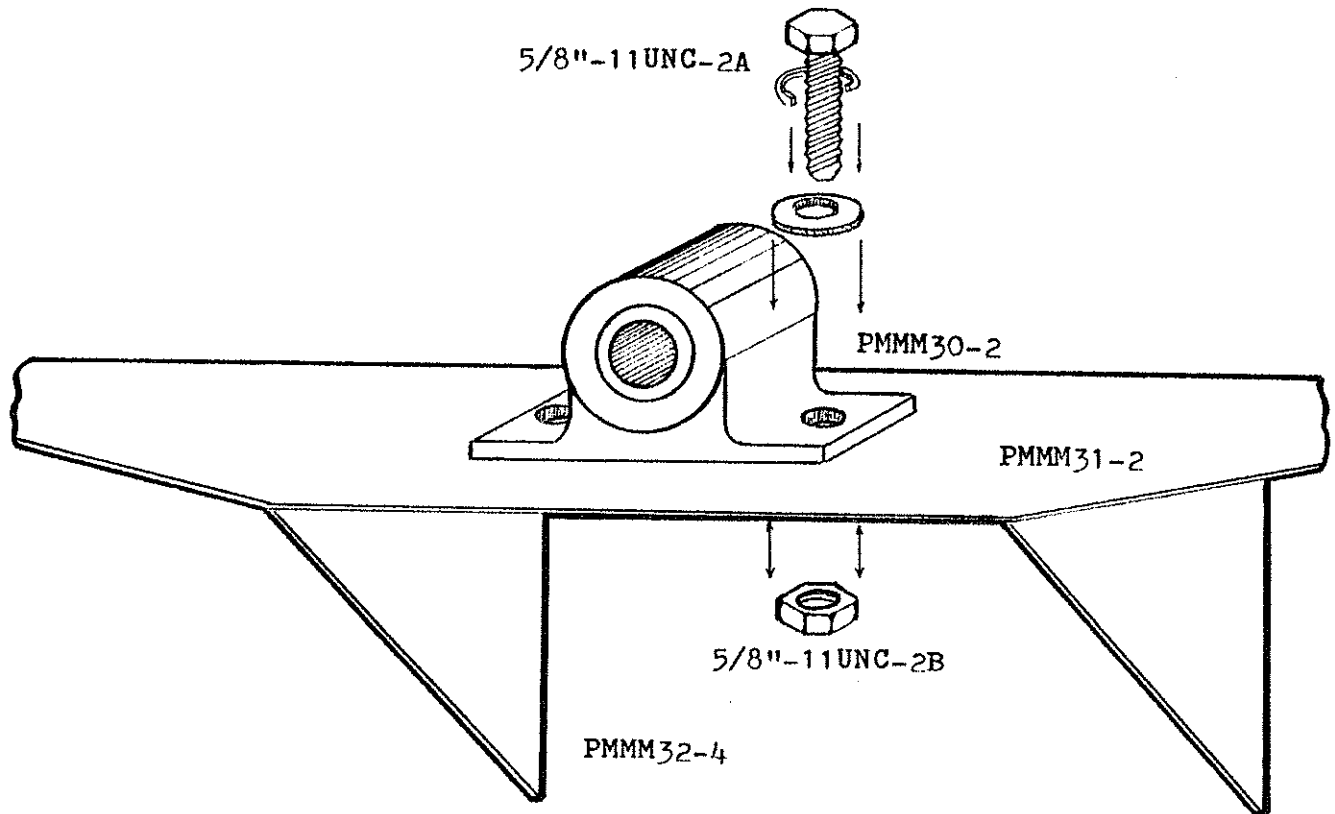


Fig. No. 4.3

### 4.3 Montaje de eje

El eje va montado en las chumaceras, como se muestra en la figura No. 4.4, con seguros en los extremos, para que el eje se mantenga en su posición original.

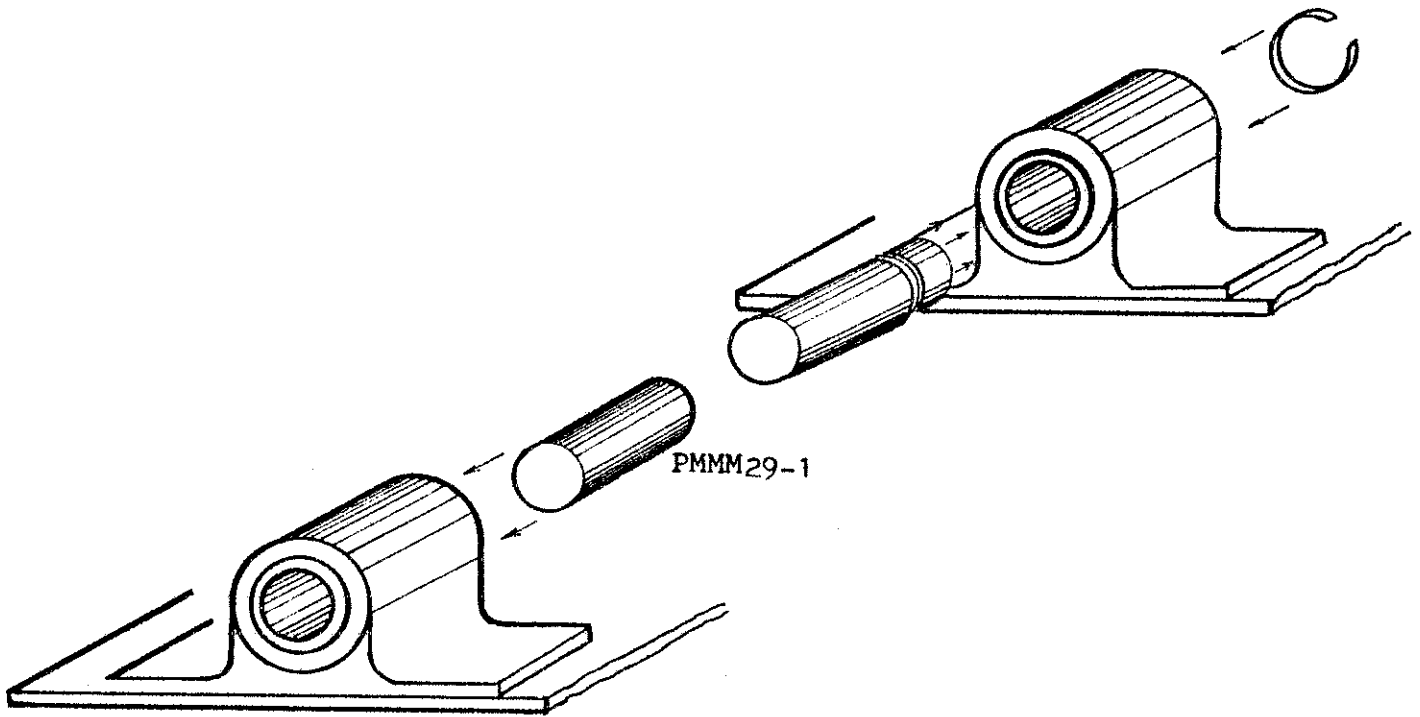


Fig. No. 4.4

#### 4.4 Montaje de aspas

Las aspas se montan sobre el eje, unidas con sus respectivas chavetas, como se puede observar en la figura No. 4.5; éstas a su vez van unidas mediante tornillos, luego se les puede aplicar soldadura, con el propósito de asegurarlas y que aparezcan ser una sola pieza (ver figura No. 4.5).

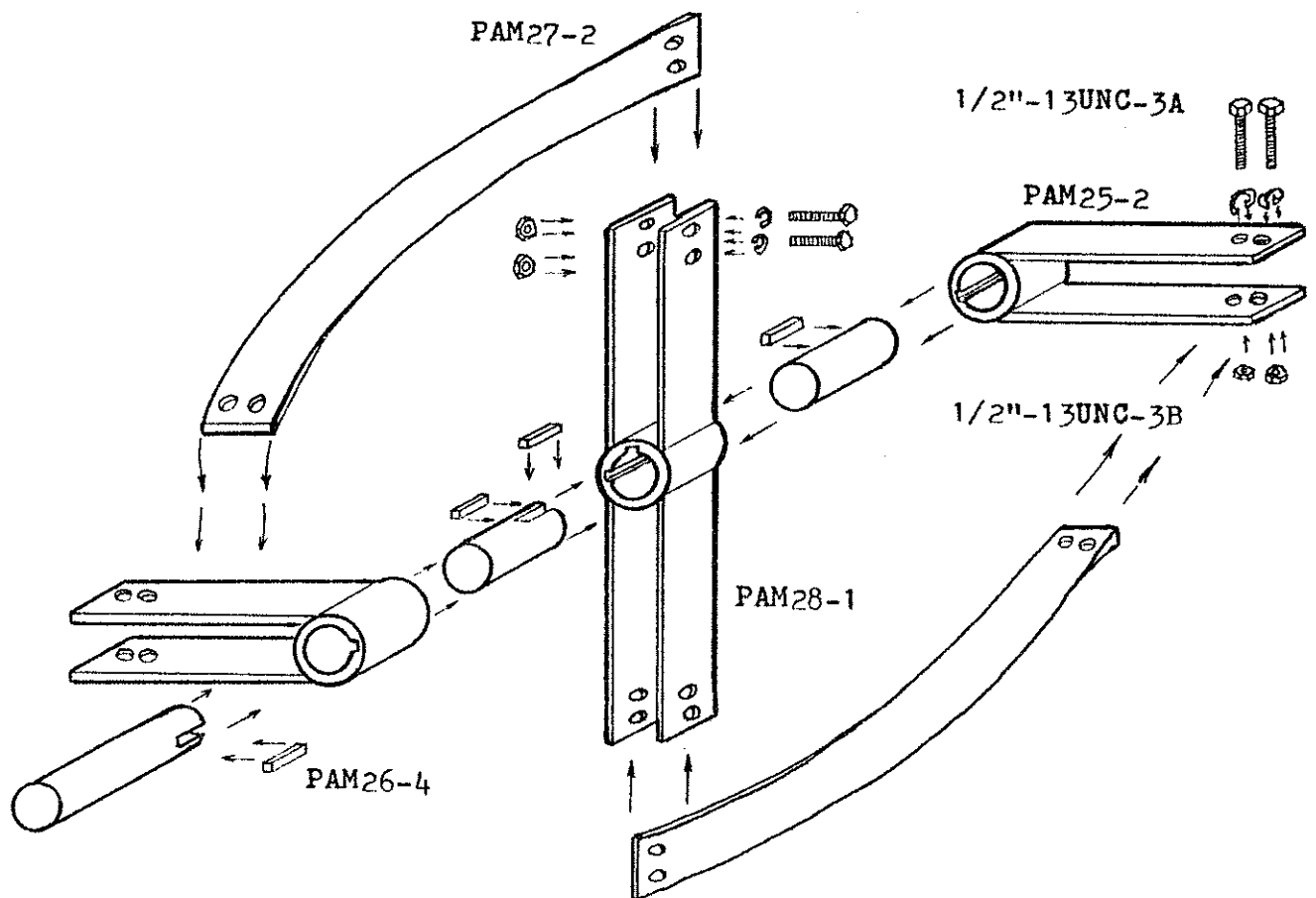


Fig. No. 4.5



#### 4.5 Montaje de ruedas dentadas

Las ruedas dentadas van montadas sobre ejes; la rueda dentada pequeña (piñón) es la que transmite la fuerza necesaria que produce el par y las revoluciones en la rueda dentada grande. La rueda dentada pequeña (piñón) va montada sobre el eje de la caja de cambios, o indirectamente sobre un eje que va con acoples a la caja de cambios; la rueda dentada grande va montada sobre el eje que transmite el par y velocidad a las aspas de la mezcladora como muestra la figura No. 4.6.

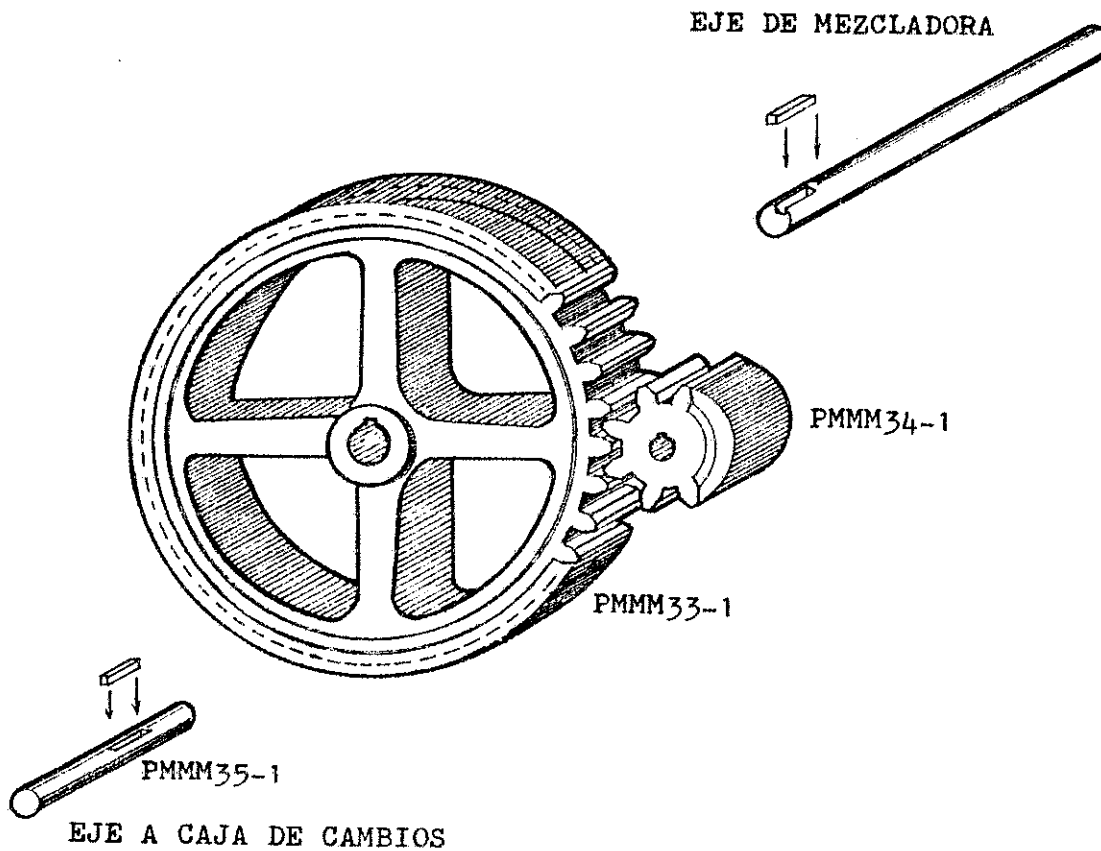


Fig. No. 4.6

#### 4.6 Montaje de tolva

El montaje de tolva se realiza atornillando la tolva a las tapaderas del casco de mezcladora, por medio de tres (3) tornillos de cada lado, pero antes de atornillar, se tienen que soldar cuatro chapas de  $\frac{3}{16}$ " pulgadas (0.48 cms.) de espesor, dos en las tapaderas lado afuera y dos en la tolva lado adentro, las cuales sirven de refuerzo en el montaje; el material de las chapas es el mismo que se utilizó en la estructura, así como el electrodo, (ver figura No. 4.7).

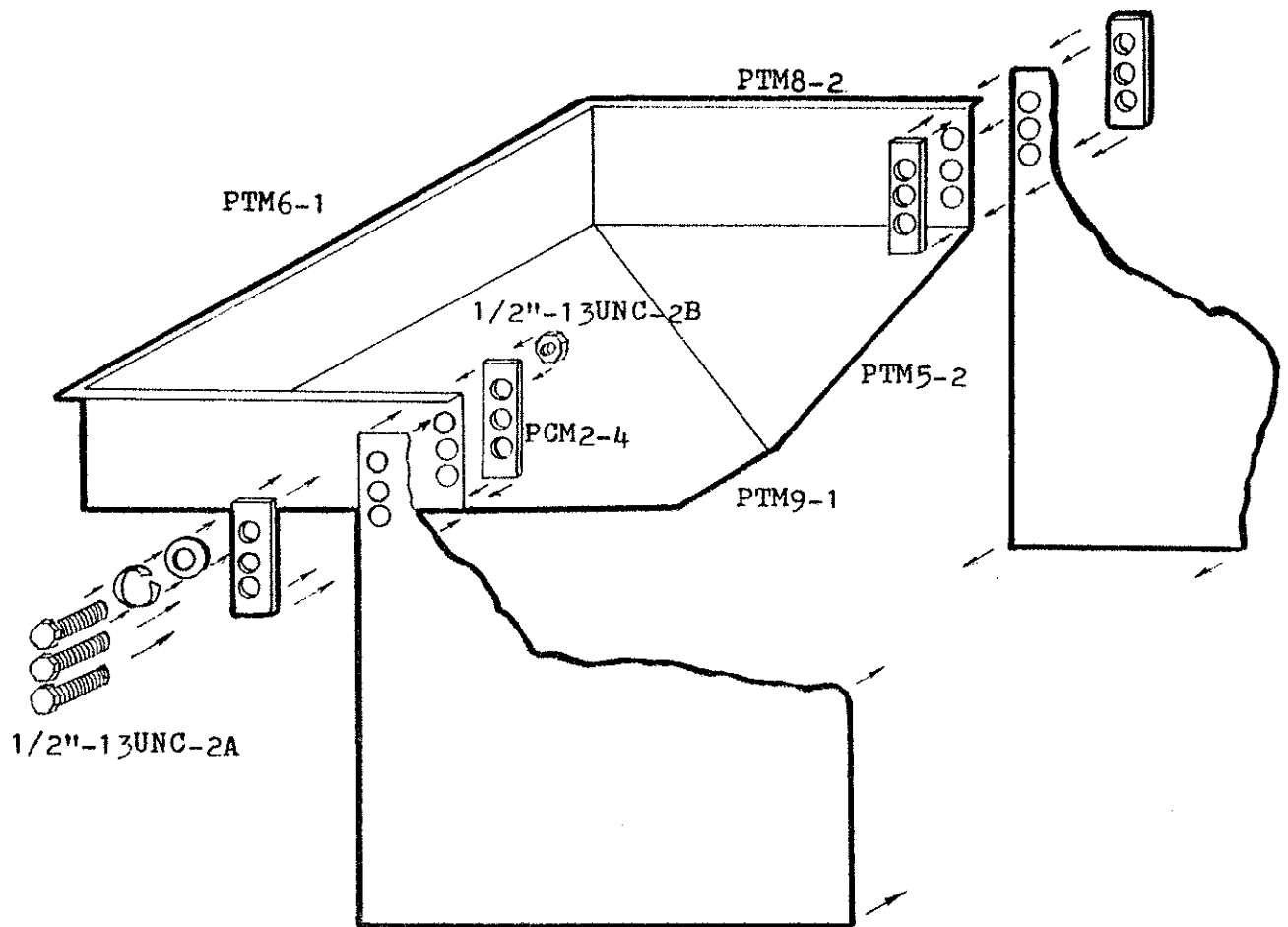


Fig. No. 4.7

#### 4.7 Montaje de compuertas

El montaje de compuertas se hace sobre la estructura de la mezcladora, mediante el uso de soldadura eléctrica, con el tipo de electrodo ya mencionado (Tipo 312).

Como se puede observar en la figura No. 4.8, las partes que van soldadas son: el riel que permite que la compuerta se mantenga en su lugar y se movilice libremente, así como la pieza que sostiene el eje de la manivela que sirve para abrir y cerrar la compuerta. También se puede observar ensambles de piezas por medio de pines con sus respectivos pasadores.

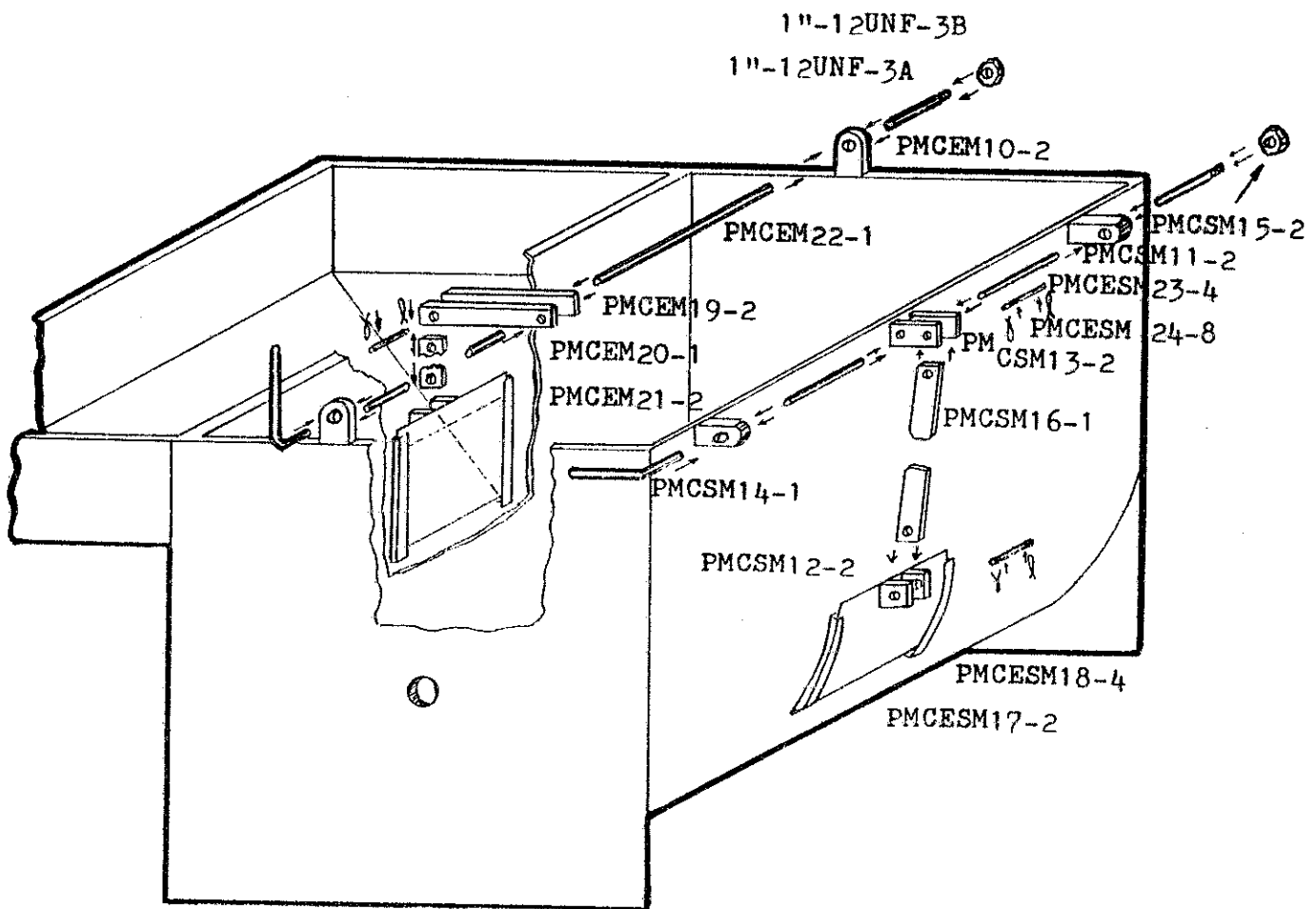


Fig. No. 4.8

#### 4.8 Montaje de motor y caja de cambio de velocidades

El montaje del motor y de la caja de cambio de velocidades se puede hacer sobre una plancha de metal de 1" pulgada de espesor, como se muestra en la figura No. 4.9.

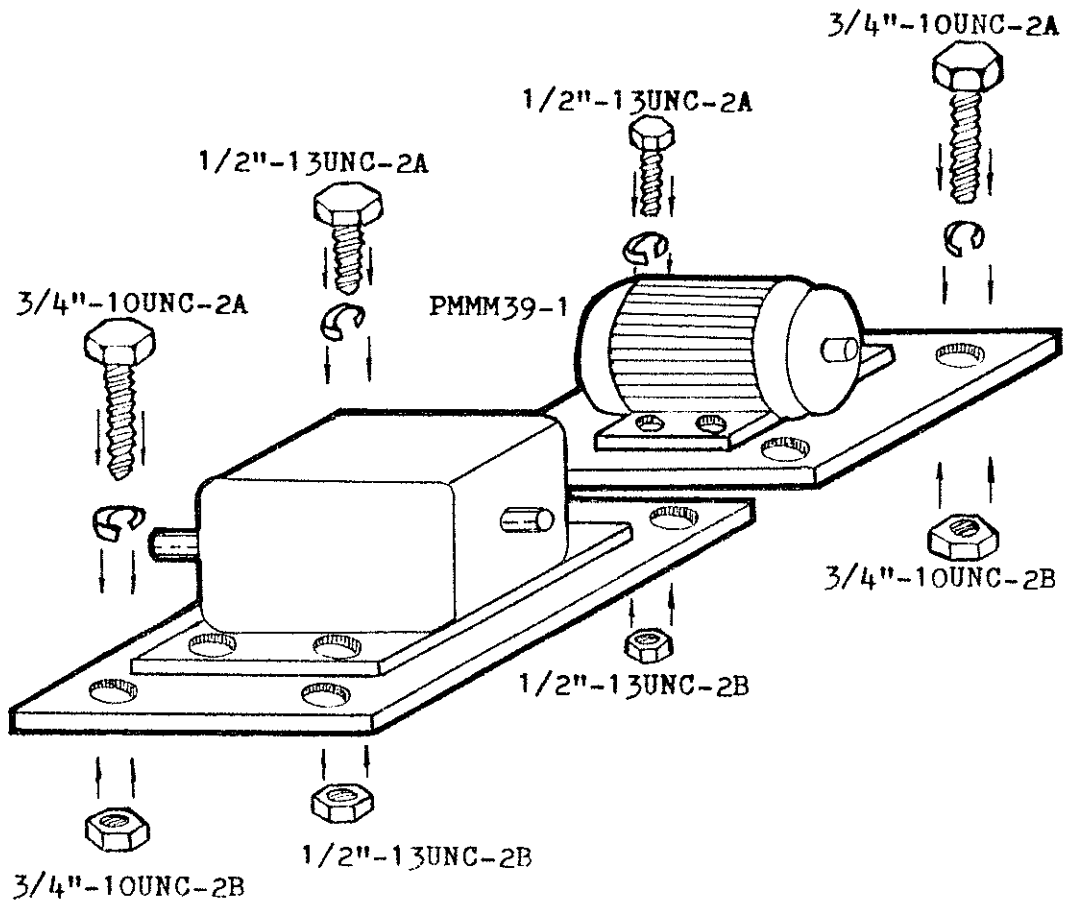


Fig. No. 4.9

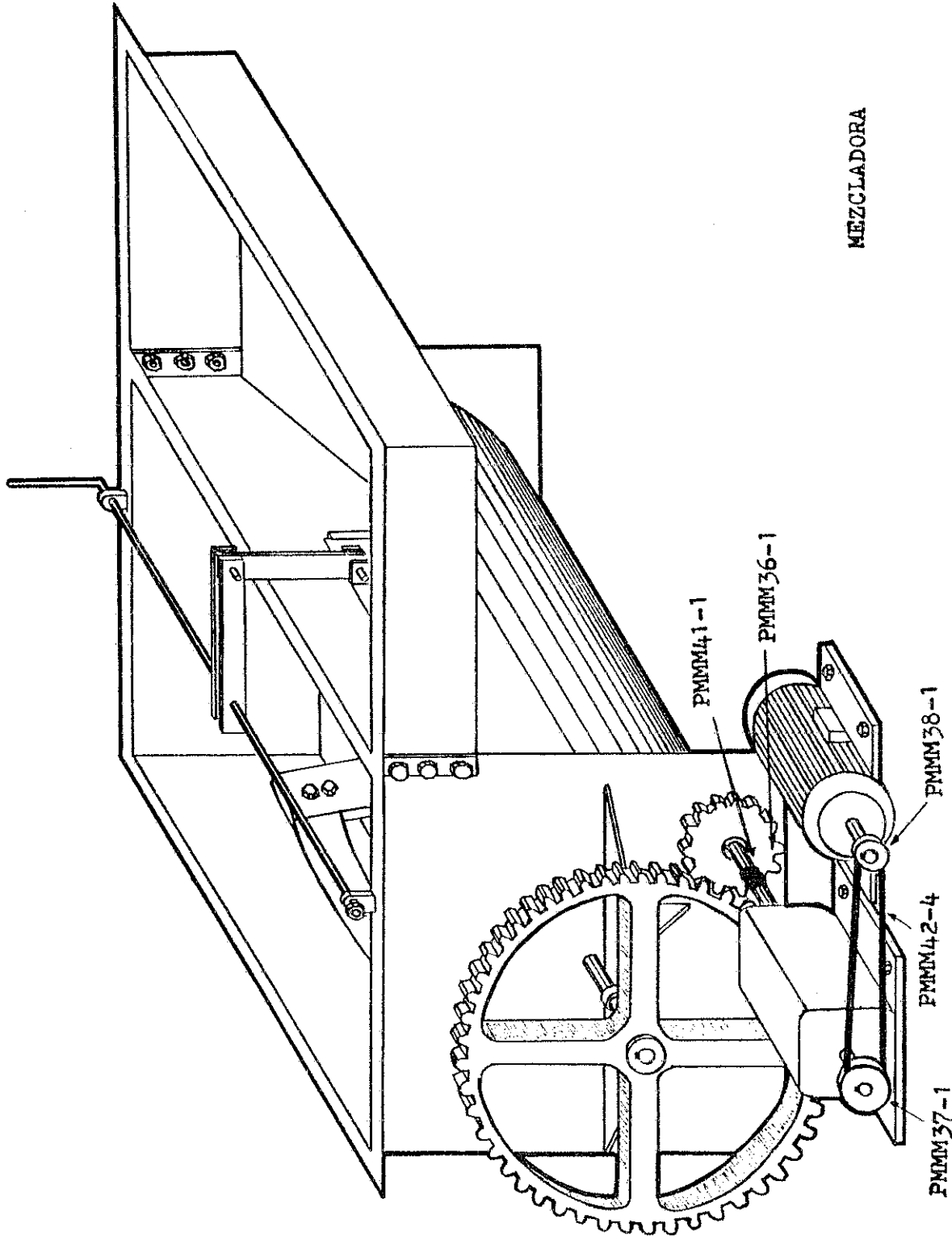


Fig. No. 4.10

#### 4.9 Pruebas

Las pruebas que se recomiendan es verificar que se cumpla con las características deseadas, definidas al principio, y son:

- a.- Que sea capaz de mezclar un volumen mayor o igual al volumen que componen 40 bloques de las dimensiones definidas.
- b.- Que tenga la capacidad de mezclar a una velocidad que oscile entre 30 y 40 rpm (revoluciones por minuto).
- c.- Que sea capaz de producir un par (torque) adecuado, para mezclar la cantidad de material deseado.

#### 4.10 Modificaciones

Las modificaciones van a depender de que cumpla o no con las características deseadas.

En el caso de que no cumpla alguna, se modificará, sin que con esto varíe ninguna de las otras características planteadas en la definición del problema; esto se realizará hasta que cumpla con todas las características deseadas.

CAPÍTULO CINCO

## 5.1 Mantenimiento preventivo

Por lo regular, se tienen que sujetar las tareas de mantenimiento a las afecciones causadas directamente por las condiciones de operación, por lo que el costo del mantenimiento, de igual manera es directamente afectado. Se tienen que esperar costos de mantenimiento mayores, si las condiciones de operación están afectadas por cargas bruscas a los elementos de mecanismos en movimiento.

Por ejemplo, si tenemos mecanismos sujetos a girar con más rapidez, la tendencia superficial al desgaste será mayor que otro que gire con menor rapidez; debido a esto, se tienen que modificar los elementos de máquina, para adaptarlos a los aumentos de esfuerzos y tensiones causados por los incrementos de carga.

Si bien el mantenimiento es capaz de retardar el desgaste, no puede evitarlo.

El desgaste puede producirse por contaminación de polvo, por mala operación, por condiciones rudas de servicio, sin embargo, una combinación de un correcto mantenimiento con un diseño apropiado, pueden ayudar al control de los efectos de cargas pesadas.

¿Qué es mantenimiento de máquinas? El mantenimiento de máquinas consiste en la planeación de ciertas medidas tendentes a conservar una máquina en buenas condiciones de operación. En primer lugar, porque es una tarea de economía. Además, el mantenimiento puede convertirse en una tarea muy costosa, si se opera en condiciones extremadamente inadecuadas. También aumenta su costo si se trabaja en un ambiente polvoso o mojado. En algunos casos, es imposible evitar estas condiciones; sin embargo, con un programa sistemático de limpieza puede evitarse la acumulación de polvo y suciedad en la máquina y en sus superficies de trabajo.

Las maniobras de limpieza se cargan en algunas ocasiones a la partida de mantenimiento; si se procede en esta forma, puede hablarse de un seguro a bajo costo. El importe de unas cuantas horas-hombre para la limpieza y atención del equipo, resultará siempre inferior al costo de una máquina inactiva.

El mantenimiento es un trabajo que requiere planeación. Es un principio de falsa economía trabajar una máquina hasta el momento en que requieren reparaciones. La lubricación, inspección, ajustes y limpieza, practicados a intervalos regulares, mantendrá a la maquinaria en servicio durante un período bastante más largo con costos de producción más bajos. Este es el mantenimiento preventivo.



Para planear un programa de mantenimiento, el primer paso que se debe dar es la organización de los procedimientos de inspección. Este es el momento en el que se debe decidir la frecuencia con la que se tiene que dar mantenimiento a los diferentes mecanismos y en qué proporciones.

Ya definida la frecuencia, se puede hacer un programa de mantenimiento inicial, separando las operaciones por tiempo de frecuencia, los cuales pueden ser: diario, semanal, quincenal, mensual, trimestral, semestral y anual. A continuación, se da un programa de mantenimiento para mezcladoras de fabricación de bloques de piedra pómez, el cual puede ser mejorado.

Programa de mantenimiento para mezcladoras de fabricación de bloques de piedra pómez

Diario:

- Limpieza de aspas
- Limpieza de tolva
- Limpieza de casco de mezcladora
- Limpieza de eje
- Limpieza de compuertas

Semanal:

- Limpieza de chumaceras
- Limpieza de ruedas dentadas
- Limpieza de carriles de compuertas
- Limpieza de mecanismo de compuertas
- Lubricación de chumaceras
- Lubricación de ruedas dentadas
- Lubricación de carriles de compuertas
- Lubricación de mecanismo de compuertas

Quincenal:

- Inspección de fajas
- Alineamiento de poleas
- Conteo de rpm (revoluciones por minuto)

Mensual:

- Inspeccionar estado del motor
- Inspeccionar estado de caja de velocidades

**Semestral:**

Lubricación de caja de velocidades

**Anual:**

Mantenimiento general del motor  
Mantenimiento general de caja de velocidades  
Mantenimiento de la camisa del casco  
Mantenimiento de aspas

**5.2 Recomendaciones para su perfecto uso**

Dentro de las recomendaciones, se pueden mencionar las siguientes:

- 1.- No sobrecargar la tolva.
- 2.- No sobrecargar la mezcladora.
- 3.- Tener encendida la mezcladora sólo cuando se está mezclando.
- 4.- No olvidarse de presionar el interruptor de seguridad en el momento de limpieza del interior de la mezcladora.
- 5.- Para evitar una sobrecarga o agarrotamiento de la máquina, que podría producir una sobrecarga de la unidad de transmisión, es conveniente insistir en los dispositivos limitadores de par.
- 6.- En caso de obstruirse las compuertas no hay que forzar la palanca de el mecanismo, sino verificar que los carriles no estén obstruidos por suciedad o falta de lubricación.
- 7.- Antes de encender la mezcladora, verificar que las aspas estén dispuestas a dar vueltas.
- 8.- En caso de un ruido extraño, es mejor parar la máquina y observar de dónde proviene.
- 9.- Disponer de un disparador automático para proteger el motor de sobrecargas.
- 10.- Tener cuidado de no derramar material de mezcla sobre ruedas dentadas, chumaceras, motor, y caja reductora de velocidades.
- 11.- Mejor si se dispone de carcasa en ruedas dentadas, chumaceras, motor, y caja reductora de velocidades.

## DATOS IMPORTANTES

POTENCIA DE MÁQUINA	11 Cv.
CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN	40 Bloques/minuto.
REVOLUCIONES POR MINUTO DE MÁQUINA	40 rpm.
RELACIÓN DE VELOCIDADES DE ENGRANAJES	4 : 1
RELACIÓN DE VELOCIDADES DE POLEAS	4 : 1
DIÁMETRO EXTERIOR DE RUEDA DENTADA	119 cms.
DIÁMETRO PRIMITIVO DE RUEDA DENTADA	116 cms.
NÚMERO DE DIENTES DE RUEDA DENTADA	80 dientes
DIÁMETRO EXTERIOR DE PIÑÓN	31.93 cms.
DIÁMETRO PRIMITIVO DE PIÑÓN	29.00 cms.
NÚMERO DE DIENTES DE PIÑÓN	20 dientes.
DIÁMETRO DE POLEA PRIMARIA	13 cms.
DIÁMETRO DE POLEA SECUNDARIA	36 cms.
VOLUMEN QUE OCUPA LA MÁQUINA	8 M <sup>3</sup>
ÁREA QUE OCUPA LA MÁQUINA	6 M <sup>2</sup>
PESO APROXIMADO DE LA MÁQUINA	250 quintales.
CORREA SECCIÓN	"B"
LONGITUD DE CORREA	181.8 cms.
POTENCIA DE UNIDAD REDUCTORA	16.5 Cv.
RELACIÓN DE VELOCIDAD UNIDAD REDUCTORA	4 : 1
POTENCIA DE MOTOR	20 Cv.
REVOLUCIONES POR MINUTO DE MOTOR	1770 rpm.

## CONCLUSIONES

1. La documentación bibliográfica sobre mezcladoras es muy difícil de obtener, pero en lo que respecta a concretos livianos que tienen como base la piedra pómez, si se pudo obtener documentación para poder dar una adecuada exposición de propiedades y proporciones de mezcla para la fabricación de bloques de piedra pómez.
2. Al considerar las partes de una mezcladora, se obtuvo una gran experiencia, tanto teórica como práctica, cuyo resultado fue una mejor visión sobre la gran gama de usos que se le pueden dar a las diferentes piezas mecánicas.
3. Se diseñó y calculó la mezcladora, tomando en cuenta las necesidades requeridas, cuyos resultados obtenidos más importantes son los siguientes: potencia de máquina 11 Cv., capacidad de producción 40 bloques/minuto, revoluciones por minuto de máquina 40 rpm., relación de velocidad de engranajes 4:1, relación de velocidad de poleas 4:1, potencia de unidad reductora 16.5 Cv., relación de velocidad de velocidad reductora 4:1, potencia de motor 20 Cv., revoluciones por minuto de motor 1770 rpm.
4. Se obtiene una gran ayuda al construir una máquina, si se sigue un esquema definido por medio de dibujos y sus respectivas explicaciones.
5. Al crear un programa de mantenimiento preventivo básico, se pudo observar que es de gran importancia que el usuario tenga un punto de partida, para crear su propio programa de mantenimiento preventivo.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que para diseñar cualquier tipo de máquina se utilicen los conocimientos de la Ingeniería Mecánica para poder garantizar su uso.
2. Es necesaria la creación de un programa de mantenimiento que se adapte a las condiciones ambientales donde va a operar la máquina.
3. Se deben tomar en consideración las recomendaciones que se exponen en el capítulo número cinco.
4. Se recomienda la posibilidad de cambiar el sistema motriz de engranajes, por el sistema motriz por medio de cadenas.
5. Tomar en cuenta el alineamiento de todos los elementos motrices, especialmente la parte que corresponde al acoplamiento entre el piñón y la caja reductora de velocidades, para evitar quebraduras en las partes motrices de la máquina.

## REFERENCIAS

1. FAIRES M, Virgil. Diseño de elementos de máquina.  
México: Edit. UTEHA, 1992. 437 - 520 pp.
2. KIBBE, Richard. Et. al. Manual de máquinas herramientas.  
México: Edit. Limusa, 1991. 102 - 111, 289 - 293 pp.
3. MORROW C, L. Enciclopedia de mantenimiento industrial.  
México: Edit. Continental, 1986. 357 - 363, 444 - 462 pp.
4. PEZZANO, Pascual. Engranajes y poleas, elementos de máquinas III. 6ta. edición. Argentina: Edit. Florida, 1970. 158 - 164 pp.
5. RODAS MAZARIEGOS, Anibal. Concreto liviano de Pómez, método de proporcionamiento y corrección de mezclas, y métodos para medir su trabajabilidad empleando agregados del Valle de Guatemala. (tesis: Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala) Guatemala, 1969, 9, 15 - 81 pp.
6. SPOTTS, Franklin. Proyecto de elementos de máquinas.  
2da. edición. España: Edit. Reverté, 1976.  
133 - 171, 233 - 259, 309 - 339, 415 - 445 pp.

## BIBLIOGRAFÍA

- GILES V, Ronald. Mecánica de los fluidos e hidráulica. 2da. edición. México: Edit. Litográfica, 1985. 1 - 3 pp.
- HALL, Allen Jr. Et. al. Teoría y problemas de diseño de máquinas. Mexico: Edit. Poligráfica, 1982. 113 - 130 pp.
- MALUQUER WAHL, Juan. Enciclopedia de la técnica y de la mecánica. España: Edit. Nauta, 1970. 30 pp.
- MARTUL HERNANDEZ, Carmen. Et. al. Nueva enciclopedia de la ciencia y la técnica. España: Edit. SARPE, 1986. 15 pp.
- POPOV, Egor. Mecánica de materiales. México: Edit. Limusa, 1989. 235 - 272 pp.
- QUINTERO MORALES, Carlos. Cálculo y diseño de prensas hidráulicas. (tesis: Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala) Guatemala, 1983, 1 - 6, 80 - 85 pp.
- SINGER FERDINAND, L. Resistencia de materiales. México: Edit. Harla, 1971. 15 pp.