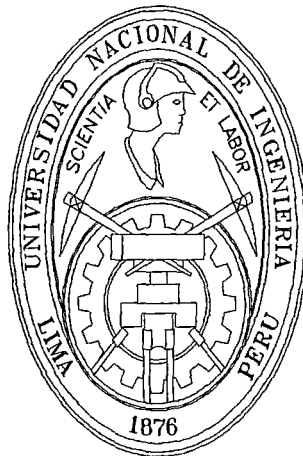


UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA



DISEÑO DE UNA FAJA TRANSPORTADORA PARA  
UNA PLANTA MOVIL DOSIFICADORA DE  
CONCRETO CON CAPACIDAD DE 130 Tn/hr

**TESIS**

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO MECANICA ELECTRICISTA

RODOLFO EUGENIO ALCANTARA MEZA  
PROMOCION 2005-I

LIMA-PERU  
2010

**Digitalizado por:**

Consortio Digital del  
Conocimiento MebLatam,  
Hemisferio y Dalse

## **CAPITULO IV. CÁLCULO DE LA FAJA TRANSPORTADORA Y DEL TRANSPORTADOR HELICOIDAL**

4.1 Cálculo de faja transportadora de descarga.	28
4.1.1 Cálculo de la velocidad de operación de la faja transportadora de descarga.	28
4.1.2 Cálculo de la fuerza de propulsión.	30
4.1.3 Cálculo de potencia de accionamiento en el tambor propulsor.	36
4.1.4 Cálculo de potencia de accionamiento en el árbol del motor.	36
4.1.5 Cálculo de esfuerzos en faja transportadora.	37
4.1.6 Cálculo del diámetro mínimo del tambor propulsor (DTr).	39
4.2 Cálculo de faja transportadora de balanza de agregados.	43
4.2.1 Cálculo de la velocidad de operación de la faja transportadora de descarga.	43
4.2.2 Cálculo de la fuerza de propulsión.	44
4.2.3 Cálculo de potencia de accionamiento en el tambor propulsor.	47
4.2.4 Cálculo de potencia de accionamiento en el árbol del motor.	47
4.2.5 Cálculo de esfuerzos en faja transportadora.	47
4.2.6 Cálculo del diámetro mínimo del tambor propulsor (DTr).	49
4.3 Cálculo de estructura para la faja transportadora de descarga.	49
4.3.1 Cálculo de reacciones $R_0$ , $R_1$ y $R_2$ .	50
4.3.2 Cálculo de modulo de sección mínimo del perfil superior.	51
4.3.3 Cálculo de deformaciones de los perfiles de la estructura.	53
4.4 Cálculo de potencia del transportador helicoidal para descarga de cemento.	69

## **CAPITULO V. CÁLCULO Y SELECCIÓN DEL SISTEMA MOTRIZ DE LA FAJA TRANSPORTADORA**

5.1 Cálculo de eje de tambor propulsor de la faja inclinada.	74
5.1.1 Cálculo de reacciones en D.	75
5.1.2 Cálculo de reacciones en B.	76
5.1.3 Cálculo de reacciones en A y C.	76
5.1.4 Cálculo de momentos.	77
5.2 Cálculo de eje de tambor propulsor de la faja horizontal.	78
5.2.1 Cálculo de reacciones en D.	78
5.2.2 Cálculo de reacciones en B.	79
5.2.3 Cálculo de reacciones en A y C.	79
5.2.4 Cálculo de momentos.	79
5.3 Cálculo de base estructural del silo de almacenamiento de cemento.	80
5.4 Sistema neumático de balanza de agregados.	83
5.5 Sistema neumático de balanza de cemento.	85
5.6 Selección de reductor de faja transportadora de descarga.	88
5.7 Selección de reductor de faja transportadora de la balanza de agregados.	90
5.8 Accesorios de balanza de agregados.	92

## **CAPITULO VI. PLAN DE EJECUCIÓN DE MANTENIMIENTO DE PLANTA DOSIFICADORA**

6.1 Plan de mantenimiento básico operacional.	93
---	----

*Este trabajo está dedicado a:*

*mi Madre que tiene paciencia y amor,*

*a mi amiga Sheli que me inspiro en acabar la carrera*

*y a mi hermana Vanessa que me apoyo siempre.*

## **PROLOGO**

La finalidad de la elaboración de la tesis es el diseño de la faja transportadora y accesorios complementarios de una planta móvil dosificadora de concreto con capacidad de 130 Tn/hr. Se ha realizado mediante el conocimiento de los cursos de: Equipos de transporte y almacenamiento de materiales, Estructuras metálicas, Neumática, Instalaciones eléctricas y Dibujo mecánico.

En el Capítulo 1, se citan antecedentes de la utilización en la industria de la construcción de las plantas dosificadoras de concreto y se indican las razones por las cuales se opta por la realización del presente estudio.

En el Capítulo 2, se describen los objetivos y consideraciones del diseño y selección de la planta móvil dosificadora de concreto.

En el Capítulo 3, se calcula la capacidad volumétrica de la tolva de la balanza de agregados y el silo de almacenamiento de cemento de acuerdo para una producción continua de  $8 \text{ m}^3$  de concreto.

En el Capítulo 4, se realiza los cálculos para selección de la faja transportadora de la balanza de agregados, la faja de descarga de agregados y la selección de la potencia del transportador helicoidal para el cemento.

En el Capítulo 5, se realiza la selección de componentes del sistema motriz de la faja transportadora, el diagrama del sistema neumático y eléctrico, el cálculo de la estructura de la base de silo de almacenamiento de cemento y la selección de los accesorios de sistema de balanza agregados y cemento.

En el Capítulo 6, se indica los planes referenciales de mantenimiento básico operacional de la planta móvil dosificadora de concreto.

# **CAPÍTULO 1**

## **INTRODUCCIÓN**

El auge económico en diversas regiones del país incrementa el desarrollo en la industria de la construcción como complejo habitacionales, tiendas comerciales, entre otros. Este avance genera la necesidad de reducir el tiempo y costo de las construcciones, por tal motivo se plantea la implementación de planta móvil dosificadoras de concreto.

Ventajas comparativas frente a las plantas estacionarias son:

- ✓ La reducción del costo de inversión en el transporte del concreto.
- ✓ Menor tiempo de entrega, simplificación de la planta.
- ✓ Menor espacio de la instalación.

### **1.1 OBJETIVO**

El tema central de la tesis es el diseño de la faja transportadora y accesorios complementarios de una planta móvil dosificadora de concreto con capacidad de 130 Tn/hr.

## **1.2 CONSIDERACIONES Y LIMITACIONES**

En el desarrollo de la tesis se excluye los cálculos del diseño de las tolvas de agregados y cemento, la selección del camión mezclador, el diseño del silo de almacenamiento de cemento por motivos de envergadura de la tesis y salir del tema central del diseño de la faja transportadora.

## **1.3 NORMAS EMPLEADAS**

Norma de agregados NTP 400.037 / NTP 400.011

Norma de cemento NTP 334.009 / NTP 334.082

Norma de Hormigón NTP 339.046

Norma DIN 22101

ANSI / CEMA 350-2009

Reglamento técnico andino sobre límites de pesos y dimensiones de los vehículos al transporte internacional de pasajeros y mercaderías por carreteras.



## **CAPÍTULO 2**

### **ANÁLISIS DEL MERCADO DEL CONCRETO**

#### **2.1 DEFINICIÓN DE CONCRETO O HORMIGÓN**

El hormigón es un tipo de piedra artificial, y resulta de la mezcla de uno o más conglomerantes (generalmente, se usa cemento) con áridos (grava, arena), agua y, eventualmente, aditivos. El cemento se hidrata en contacto con el agua, iniciándose complejas reacciones químicas que culminan en el fraguado y endurecimiento de la mezcla, obteniéndose al final del proceso un material con consistencia pétreo.

La dosificación es el proceso de medida (por masa o por volumen) de los ingredientes del concreto para su posterior mezcla. Para la determinación de la dosificación del hormigón, es necesario que los productores tengan en cuenta las siguientes características: Trabajabilidad, Resistencia mecánica, Durabilidad y Costo de producción. El objetivo de un diseño de hormigones es el de obtener una mezcla que posea un mínimo de determinadas propiedades tanto en estado fresco como endurecido, al menor costo de producción posible. En la Figura N°2.1 se muestra cuatro proporciones distintas de los componentes del hormigón.

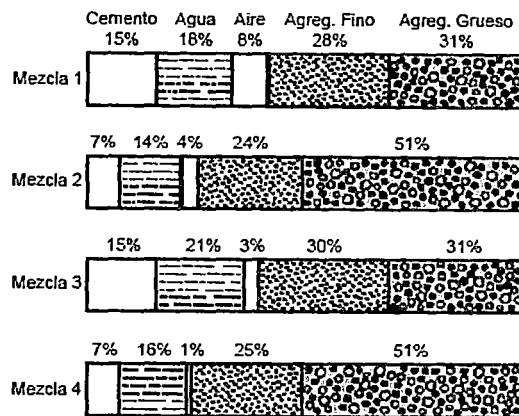


Figura N° 2.1. Variación de las proporciones de los componentes del Hormigón

### Concepto de Mezclado

La figura N° 2.1, muestra separadamente los componentes básicos del concreto. La secuencia del mezclado puede variar y aun producir un concreto de buena calidad. Las diferentes secuencias requieren ajustes en el momento de adición del agua, el número total de revoluciones del tambor de la mezcladora y la velocidad de revolución (rotación). El volumen del concreto mezclado en relación al tamaño del tambor de la mezcladora, el tiempo transcurrido entre el proporcionamiento y el mezclado, y el diseño, configuración y condiciones del tambor y de las paletas de la mezcladora son otros factores importantes en el mezclado.

### Concepto de Trabajabilidad

La facilidad de colocación, consolidación y acabado del concreto fresco y el grado de segregación se llama trabajabilidad. Los factores que influyen en la trabajabilidad del concreto son:

1. El método y la duración del transporte
2. Cantidad y características de los materiales cementantes
3. Consistencia del concreto
4. Tamaño, forma y textura superficial de los agregados finos y gruesos
5. El aire incluido (aire incorporado)
6. Cantidad de agua
7. Temperatura del concreto y del aire
8. Aditivos.

## **2.2 AGREGADOS**

La importancia del uso del tipo y de la calidad correcto del agregado (árido) no se puede subestimar, los agregados fino y grueso ocupan cerca del 60% al 75% de volumen del concreto (70% a 85% de la masa) e influyen fuertemente en las propiedades tanto en estado fresco como endurecido, en las proporciones de la mezcla y en la economía del concreto.

Los agregados generalmente finos consisten en arena natural o piedra triturada (partida, machacada, pedregón, arena de trituración) con la mayoría de sus partículas menores a que 5mm (0,2 pulg.).

Los agregados gruesos consisten en una o en la combinación de gravas o piedras trituradas con partículas predominantemente mayores que 5mm (0,2 pulg.) y generalmente entre 9,5 mm y 37,5 mm ( $\frac{3}{8}$  y 1  $\frac{1}{2}$  pulg.).

Algunos depósitos naturales de agregado llamados de grava de mina consisten en grava y arena que se pueden usar inmediatamente en el concreto, después de un procesamiento mínimo. Las grava y la arena naturales normalmente se excavan o dragan de la mina, del río, del lago o del lecho marino. La piedra triturada se produce triturando la roca de cantera, roca redondeada, guijarros o gravas grandes. La escoria de alto horno enfriada al aire y triturada también se usa como agregados finos y grueso.

Las características de los agregados tienen una influencia importante en el proporcionamiento de las mezclas de concreto porque afectan la trabajabilidad del concreto fresco:

- Granulometría (tamaño y distribución de las partículas)
- Naturaleza de las partículas (forma, porosidad, textura superficial)

La granulometría es importante para que se logre una mezcla económica, pues afecta la cantidad de concreto que se puede producir para una determinada cantidad de material cementante y agua. Los agregados gruesos deben tener el mayor tamaño posible para las condiciones de la obra. El tamaño máximo que se puede usar depende de factores tales como la forma del elemento de concreto que se va a fundir, la cantidad y la distribución del acero de refuerzo (armadura) en el elemento y el espesor de la losa.

Características de los agregados:

- Norma ASTM C131 (AASHTO T 96). Resistencia a la abrasión y degradación, su importancia en el índice de calidad del agregado resistencia al desgaste de pisos y pavimentos.
- Norma ASTM C666 (AASHTO T 161). Resistencia a congelación-deshielo, su importancia en el descascaramiento superficial, aspereza, pérdida de sección y estética.
- Norma ASTM C88 (AASHTO T 104). Resistencia a desintegración por sulfatos, su importancia en la sanidad contra el intemperismo.
- Norma ASTM C295 – ASTM D3398. Forma y textura superficial de las partículas, su importancia en la trabajabilidad del concreto fresco.
- Norma ASTM C117 (AASHTO T 11). Granulometría, su importancia en la trabajabilidad del concreto fresco y economía.
- Norma ASTM C1137). Degradación del agregado fino, su importancia en el índice de la calidad del agregado; resistencia a degradación durante el mezclado.
- Norma ASTM C1252. Contenido de vacíos no compactado del agregado fino, su importancia en la trabajabilidad del concreto fresco.
- Norma C29 (AASHTO T 19). Masa volumétrica, masa unitaria, su importancia en los cálculos del diseño de la mezcla y clasificación.
- Norma ASTM ASTM C127 (AASHTO T 85). Masa específica relativa, su importancia en los cálculos del diseño de la mezcla.
- Norma ASTM C128 (AASHTO T 84). Absorción y humedad superficial, su importancia para el control de calidad del concreto (relación agua-cemento)

- Norma ASTM C39 (AASHTO T 22). Resistencia a compresión y a la flexión, su importancia en la aceptación del agregado fino que no haya pasado en los otros ensayos.
- Norma ASTM C125. Definición de los constituyentes, su importancia entendimiento y comunicación claros.
- Norma ASTM C40 (AASHTO T 21). Constituyentes de agregados, su importancia para determinar la cantidad de material deletéreo y orgánico.
- Norma ASTM C1260 (AASHTO T 303). Resistencia a la reactividad con los álcalis y cambio de volumen, su importancia en la sanidad contra los cambios de volumen.

## **2.3 ADITIVOS**

Los aditivos son aquellos ingredientes del concreto que además del cemento portland, del agua y de los agregados, se adicionan a la mezcla inmediatamente, antes o durante el mezclado. Las razones principales para el uso de aditivos son:

1. Reducción del costo de la construcción del concreto.
2. Obtención de ciertas propiedades en el concreto de manera más efectiva que otras.
3. Manutención de la calidad del concreto durante las etapas de mezclado, transporte, colado (colocación) y curado en condiciones de clima adverso.
4. Superación de ciertas emergencias durante las operaciones de mezclado, transporte, colocación y curado.

Los aditivos para uso de concreto deberán cumplir con las siguientes especificaciones:

➤ Norma ASTM C494 – AASHTO M194 (Tipo C)

Tipo aditivo: acelerador, efecto deseado: acelerar el tiempo de fraguado y el tiempo de desarrollo de la resistencia temprana.

Tipo aditivo: adherencia, efecto deseado: aumentar la resistencia de adherencia.

Tipo aditivo: para lechada, efecto deseado: ajustar las propiedades de la lechada para aplicaciones específicas.

Tipo aditivo: agente espumante, efecto deseado: producir concreto ligero y concreto celular con baja densidad.

Tipo aditivo: anti-deslave, efecto deseado: aumentar la cohesión del concreto para su colocación bajo el agua.

Tipo aditivo: a prueba de humedad, efecto deseado: retrasar la penetración de la humedad en el concreto seco.

Tipo aditivo: auxiliar de bombeo, efecto deseado: mejora las condiciones de bombeo.

Tipo aditivo: colorante, efecto deseado: producir concreto coloreado.

Tipo aditivo: control de hidratación, efecto deseado: suspender la reactividad la hidratación del cemento con un estabilizador y un activador.

Tipo aditivo: formador de gas, efecto deseado: causar expansión antes del fraguado.

Tipo aditivo: fungicida, germicida e insecticida; efecto deseado: inhibir o controlar el crecimiento de bacterias y hongos.

Tipo aditivo: impermeabilizantes, efecto deseado: disminuir la permeabilidad  
 Tipo aditivo: inhibidor de reacción álcali-agregado; efecto deseado: reducir la expansión por reactividad alcali-agregado.

Tipo aditivo: Inhibidor de la corrosión; efecto deseado: reducir la corrosión del acero en ambientes con alta concentración con cloruros.

Tipo aditivo: purgador de aire (reductor de aire); efecto deseado: disminuir el contenido del aire.

Tipo aditivo: reductor de agua; efecto deseado: reducir en hasta 5% el contenido de agua.

➤ Norma ASTM C979

Tipo aditivo: impulsores de aire, efecto deseado: mejorar la durabilidad en los ambientes sujetos a congelación-deshielo, sales, sulfatos y ambientes álcali- reactivos. Mejora la durabilidad

➤ Norma ASTM C949-AASHTO M194 (Tipo A)

➤ Norma ASTM C949 - ASSHTO M194 (Tipo E)

Tipo aditivo: reductor de agua y acelerador; efecto deseado: reducir en hasta 5% el contenido de agua y acelerar el fraguado.

➤ Norma C949 - ASSHTO M 194 (Tipo D)

Tipo aditivo: reductor de agua y retardador; efecto deseado: reducir en hasta 5% de agua y retardar el fraguado

➤ Norma C949 – ASSHTO M194 (Tipo F)

Tipo aditivo: reductor de agua de alto rango; efecto deseado: reducir en hasta 12% el contenido de agua.



➤ Norma C949 – ASSHTO M194 (Tipo G)

Tipo aditivo: reductor de alto rango y retardador, efecto deseado: reducir hasta 12% el contenido de agua y retardar el fraguado.

➤ Norma ASTM C949 – ASSHTO M194 (Tipo B)

Tipo aditivo: reductor de agua de medio rango, efecto deseado: reducir el efecto de agua de 6% a 12% sin retardo de fraguado.

Tipo aditivo: reductor de contracción, efecto deseado: disminuir la contracción del secado.

Tipo aditivo: retardador, efecto deseado: retardar el tiempo de fraguado.

➤ Norma ASTM C1017 (Tipo 1)

Tipo aditivo: super plastificante, efecto deseado: aumentar la fluidez del concreto. Disminuir la relación agua – cemento.

➤ Norma ASTM C1017 (Tipo 2)

Tipo aditivo: super plastificante y retardador, efecto deseado: aumentar la fluidez del concreto con tiempo de fraguado retardado. Disminuir la relación agua – cemento.

## 2.4 CEMENTO

Perú tiene una gran variedad de cementos definidos por las siguientes normas:

➤ NTP 334.009 (Cementos, cemento portland requisitos)

➤ NTP (Cemento, cemento portland adicionado-requisitos)

➤ NTP 334.082 (Cementos portland especificaciones de la performance)

Los cementos definidos por la norma NTP 334.009 son: tipo I (normal) con resistencia los 7 días de 19 MPa ( $190 \text{ kg/cm}^2$  o  $2800 \text{ lb/pulg}^2$ ), tipo II (moderada

resistencia a los sulfatos), con resistencia a los 7 días de 17 MPa (170 kg/cm<sup>2</sup> o 2500 lb/pulg<sup>2</sup>) y C<sub>3</sub>A máximo 8%, tipo III (alta resistencia inicial), tipo IV (bajo calor de hidratación), con resistencia a los 28 días de 17 MPa (170 kg/cm<sup>2</sup> o 2500 lb/pulg<sup>2</sup>) y tipo V (alta resistencia a los sulfatos), con resistencia a los 28 días de 21 MPa (210 kg/cm<sup>2</sup> o 3000 lb/pulg<sup>2</sup>) y C<sub>3</sub>A máximo 5%.

Los cementos adicionados son: el cemento portland puzolanico (IP y P), el cual puede tener 15% al 40% de puzolana en masa, cemento portland puzolanico modificado I(PM) que tiene hasta 15% de puzolana, cemento portland de escoria, el cual tiene del 25% al 70% de adición de escoria de alto horno, cemento portland de escoria modificado I(SM), que puede tener hasta 25% de escoria, el cemento portland compuesto (ICO) que puede tener una adición de caliza o material inerte de hasta 30% desde que este material tenga como mínimo 75% de CaCO<sub>3</sub>. Estos cementos pueden presentar una combinación de otras propiedades como la moderada resistencia a través de los sulfatos y moderado calor de hidratación a través de adición de los sufijos MS y MH. El requisito de resistencia a los 28 días de estos cementos es de 25 MPa (260 kg/cm<sup>2</sup> o 3600 lb/pulg<sup>2</sup>), a excepción de los cementos IS(MH) y IP(MH), los cuales deberán prestar por lo menos, 20 MPa (200 kg/cm<sup>2</sup> o 2900 lb/pulg<sup>2</sup>) y el cemento P, el cual debe presentar por lo menos 21 MPa (210 kg/cm<sup>2</sup> o 3100 lb/pulg<sup>2</sup>) a los 28 días.

La norma NTP 334.082 trae los requisitos de desempeño para los cementos portland para las aplicaciones generales y especiales sin restricción a la

composición o a los constituyentes de los cementos. Esta norma tiene como base la ASTM C 1157. La norma diferencia los cementos portland modificados (con hasta 15% de adicionales) de los cementos adicionales (con más de 15% de adicionales) los clasifica según las propiedades tipo GL (construcciones generales), HE (alta resistencia inicial), MS (moderada resistencia a los sulfatos), tipo HS (alta resistencia a los sulfatos), tipo MH (moderada resistencia al calor de hidratación), LH (bajo calor de hidratación) y la opción R de baja reactividad a los álcalis con agregados reactivos.

Los cementos comerciales disponibles en el mercado peruano sino: tipo I y tipo II (bajo contenido de álcalis), tipo V, tipo IP, tipo I(PM), tipo MS, tipo ICO y el cemento de albañilería.

En la industria del concreto en el Perú se encuentra sectorizado por el área de influencia de las principales empresas cementeras a nivel nacional que han instalado diversas plantas en las ciudades del país para comercializar su producto y se distribuye el concreto a los puntos de obras. Las plantas de cemento; se encuentran ubicadas en lugares que permiten una racional distribución del producto, de manera que los costos de transporte no gravan exageradamente al usuario, la distribución geográfica de las principales plantas es la siguiente:

- Cementos Pacasmayo S.A.A área de influencia en los departamentos de Cajamarca, La libertad, Lambayeque, San Martín.
- Pacasmayo Cementos Selva S.A área de influencia en el departamento san Martín.

- Cementos Lima S.A área de influencia en el departamento de Lima.
- Empresa Yura S.A. área de influencia en el departamento de Cuzco, Tacna, Puno.
- Cemento Andino S.A. área de influencia en el departamento de Junín
- Cemento Sur S.A. área de influencia en el departamento de Tacna, Puno.

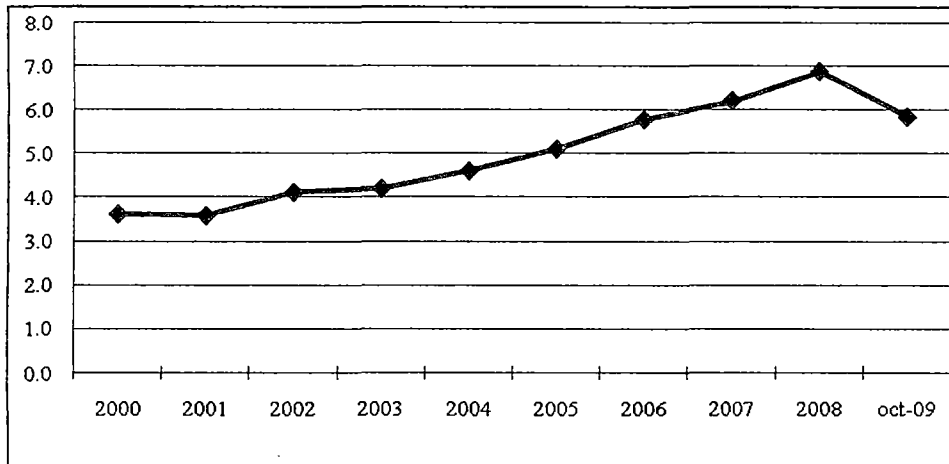
Las plantas dosificadoras de concreto tipo estacionarias se caracteriza por ser de grandes dimensiones debido a sus áreas de silos de almacenamiento de cemento, áreas de almacenamiento de agregados (piedras y arena), la adquisición de una flota de vehículos mezcladores que inciden en el costo de la inversión para la implementación de planta y limita el área de cobertura debido al costo de transporte.

Cuadro N° 2.1 Producción nacional de cemento

<b>AÑO</b>	<b>Total</b>	<b>Millones de TM</b>
2000	3,620,880	3.62
2001	3,589,364	3.59
2002	4,115,143	4.12
2003	4,202,695	4.20
2004	4,604,201	4.60
2005	5,107,258	5.11
2006	5,782,421	5.78
2007	6,208,236	6.21
2008	6,870,858	6.87
oct-09	5,840,412	5.84

Fuente: CAPECO

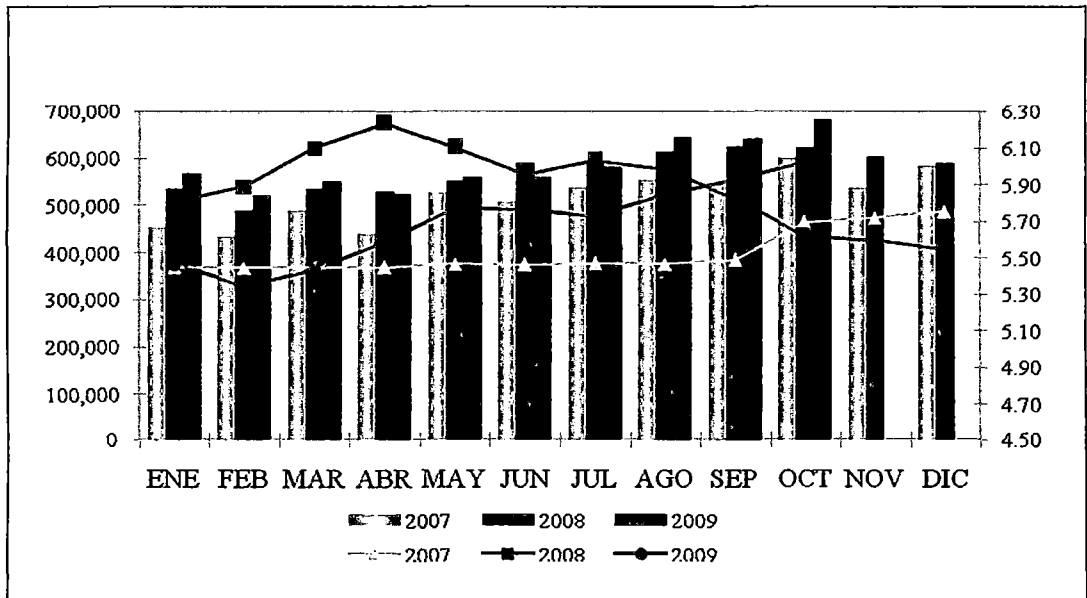
En el Cuadro.N°2.1 y Gráfico N° 2.1, se muestra la evolución de la producción de cemento a nivel nacional durante la última década.



Fuente: CAPECO

Gráfico N° 2.1.- Producción de empresas cementeras del Perú

En el Gráfico N°.2.2, se muestra la producción de cemento envasado a nivel nacional mes a mes comparativa en el período 2007-2009.



Fuente: CAPECO

Gráfico N°.2.2.- Volumen de producción de bolsa de cemento.

Cuadro N°2.2: VOLUMENES DE PRODUCCION (TM) Y PRECIOS (US\$/BOLSA) DE CEMENTO

MES	VOLUMENES (TM)						PRECIOS (US\$ / BOLSA)					
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2004	2005	2006	2007	2008	2009
ENE	342,795	371,668	437,463	452,145	534,062	567,870	4.98	5.25	5.11	5.45	5.81	5.47
FEB	359,332	401,063	437,916	434,166	488,642	522,517	4.96	5.27	5.27	5.45	5.89	5.34
MAR	388,253	379,449	502,625	490,149	536,130	551,888	5.00	5.27	5.20	5.45	6.10	5.43
ABR	393,961	411,717	445,020	439,006	529,110	524,640	5.01	5.27	5.22	5.45	6.23	5.59
MAY	376,842	432,765	490,741	527,029	552,362	560,091	4.99	5.27	5.30	5.47	6.10	5.77
JUN	355,377	401,865	459,686	508,959	589,159	560,806	4.97	5.28	5.33	5.46	5.96	5.76
JUL	378,516	452,804	523,706	536,830	589,159	582,227	5.02	5.29	5.37	5.47	6.03	5.73
AGO	399,434	461,703	506,188	555,109	613,970	644,502	5.08	5.32	5.38	5.47	5.98	5.85
SEP	376,042	423,702	479,880	542,270	624,193	642,683	5.13	5.24	5.36	5.49	5.83	5.93
OCT	419,851	467,917	479,881	600,235	622,292	683,188	5.19	5.13	5.37	5.70	5.62	6.02
NOV	357,451	431,911	488,401	538,745	601,938		5.19	5.14	5.41	5.72	5.60	
DIC	409,952	470,695	494,296	583,593	589,841		5.24	5.07	5.43	5.76	5.55	
TOTAL	4,557,806	5,107,258	5,745,802	6,208,236	6,870,858	5,840,412	5.06	5.23	5.31	5.53	5.89	5.69

Fuente: CAPECO

## 2.5 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DEL CONCRETO

Presentamos la Figura N° 2.2, donde se muestra el Diagrama de Actividades del proceso (DAP) para describir la secuencia de descarga de los materiales para la elaboración de concreto en planta dosificadora:

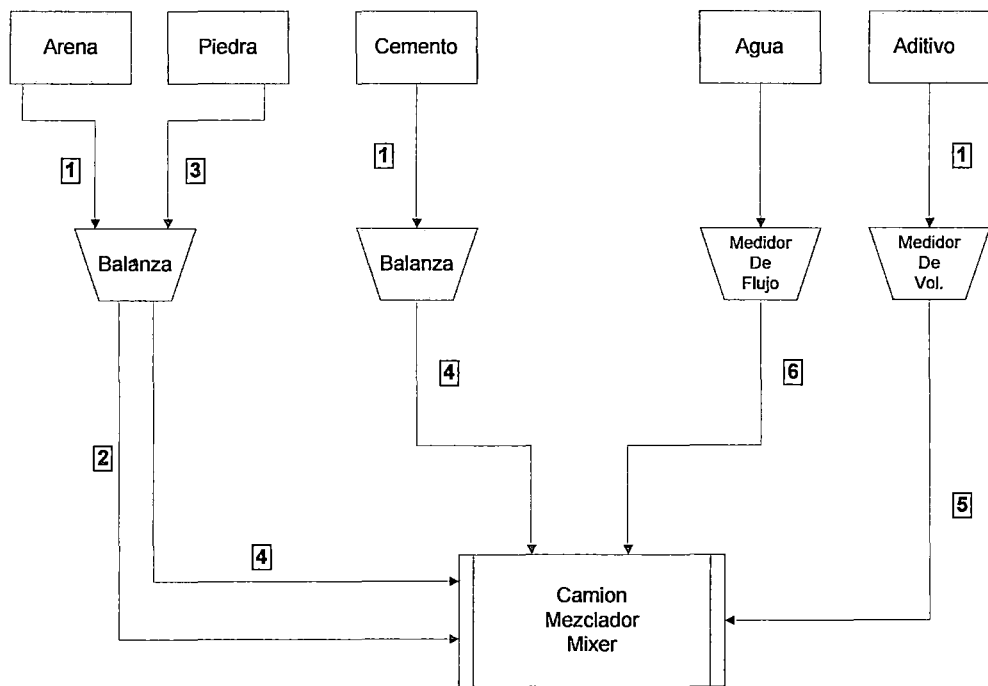


Figura N°.2.2.-DAP para elaboración de concreto

## CAPÍTULO 3

### CÁLCULO DE CAPACIDAD VOLUMÉTRICA DE LAS BALANZAS

Para la elaboración del concreto se utilizan diferentes formulas de mezclas de agregados según el requerimiento de uso como zapatas, muros, columnas entre otros.

En el estudio de la planta móvil dosificadora de concreto estará diseñada para despacho de 8 m<sup>3</sup>.

Para los cálculos se basaron en la elaboración del concreto comercial que utiliza las siguientes cantidades de elementos:

Agregado	Piedra #5	1330 kg
	Piedra #67	2700 kg
	Arena	4000 kg
Cemento	Tipo I	940 kg
Agua		1797 lt
Aditivo	Clase I	24800 ml
	Clase II	4200 ml

En base a la lista anterior se deberá calcular la capacidad volumétrica necesaria en las tolvas de la balanza de agregados y del cemento.

#### 3.1 CAPACIDAD VOLUMÉTRICA DE LA BALANZA DE AGREGADOS.

La tolva de agregados se utiliza como balanza y se registra el peso del agregado mediante celdas de carga. En el mercado de la industria metalmeccánica se puede



adquirir diversos tipos de tolva de diferentes capacidades que deberán cumplir las siguientes dimensiones:

- a. La longitud del lado mayor deberá ser como mínimo el ancho de cuchara del cargador frontal que se selecciona en caso de ser llenado.
- b. La longitud del lado menor no deberá ser mayor al reglamentado por el MTC
- c. La longitud de la altura de la tolva montada en el remolque no deberá superar los 3,5 mts.

Presentamos la figura N° 3.1., donde se plantea el esquema de tipo de tolva que utilizare para la balanza de agregados y deduciremos la fórmula de la capacidad volumétrica de la tolva de la balanza de agregados

Volumen total (V)

$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

Cota	Valor	Descripción
a	4,5	Lado mayor base
b	2,2	Lado menor base
H	1,5	Altura real entre bases
L <sub>1</sub>	3,5	Lado mayor base
L <sub>2</sub>	0,5	Lado menor base

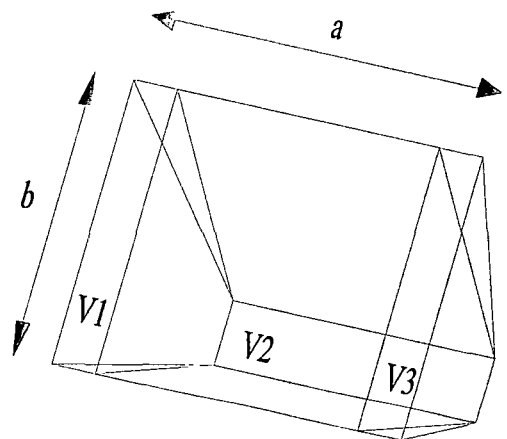


Figura .N° 3.1.- Esquema de la tolva para balanza de agregados.

Ver anexo sección planos las dimensiones de la tolva.

Cálculo de volumen V<sub>1</sub>:

$$V_1 = \frac{H}{4} \cdot (a - L_1 - c) \cdot (b + L_2) \dots \dots (1)$$

Cálculo de volumen  $V_2$ :

$$V_2 = \frac{H}{2} \cdot (b + L_2) \cdot L_1 \quad \dots \dots (2)$$

Cálculo de volumen  $V_3$ :

$$V_3 = \frac{H}{4} \cdot c \cdot (b + L_2) \quad \dots \dots (3)$$

Simplificando la capacidad volumétrica total  $V$  queda expresada por:

$$V = \frac{H}{4} \cdot (a + L_1) \cdot (b + L_2) \quad \dots \dots (4)$$

Reemplazando los valores en la expresión (4) se obtiene el siguiente valor:

$$V = 8,1 \text{ m}^3$$

Para el cálculo del volumen mínimo de la tolva de la balanza de agregados se debe tomar en consideración el volumen de la piedra necesario en la mezcla del concreto. En nuestro caso se necesita una tolva con una capacidad de  $7,2 \text{ m}^3$ .

### 3.2 CAPACIDAD VOLUMÉTRICA DE LA BALANZA DE CEMENTO.

Para la producción de  $8 \text{ m}^3$  concreto la tolva para balanza deberá tener una capacidad volumétrica mínima de  $0,65 \text{ m}^3$  por despacho. La forma de la tolva para la balanza de cemento se muestra en la figura N° 3.2.

Cota	Valor	Descripción
D	1,5	Diámetro de suple cilíndrico
d	8,0	Diámetro de descarga
$h_1$	1,0	Altura de cono de descarga
$h_2$	0,25	Altura de suple cilíndrico

La densidad del cemento es de  $\rho: 1500 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$

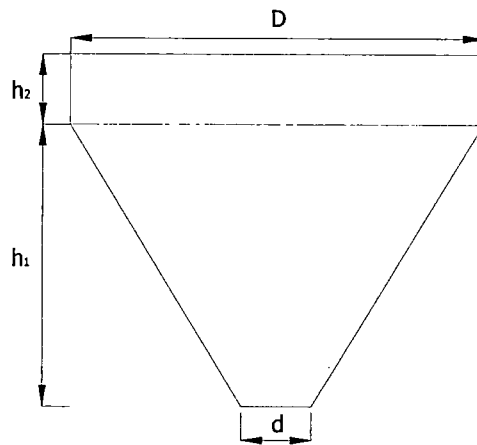


Figura N° 3.2.- Tolva para balanza de cemento

Capacidad volumetrica total V:

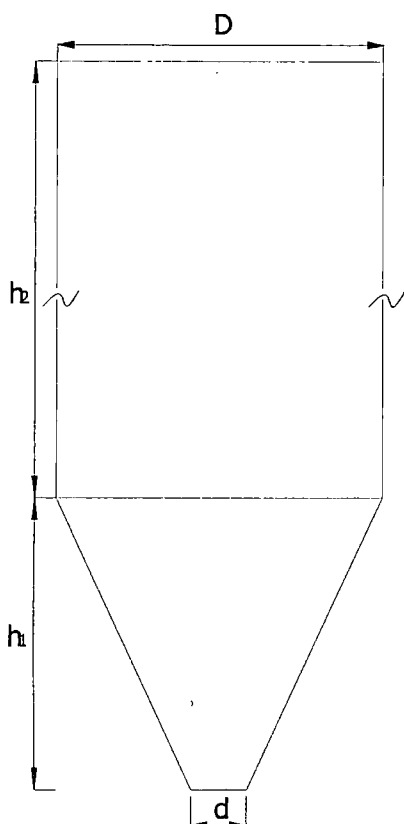
$$V = \left[ \frac{\pi \cdot h_1}{12} \cdot (D^2 + D \cdot d + d^2) + \frac{\pi \cdot D^2 \cdot h_2}{4} \right] \dots \dots (5)$$

Reemplazando valores en la expresion se obtiene el siguiente valor del volumen:

$$V = 1,12 \text{ m}^3$$

### 3.3 CAPACIDAD VOLUMÉTRICA DEL SILO DE ALMACENAMIENTO DE CEMENTO .

La tolva para la balanza de cemento deberá ser abastecido de un silo de almacenaje de filler y un silo de almacenaje de cemento tipo V. Para una producción continua de  $8\text{m}^3$  durante 8hr el volumen requerido es  $90,25 \text{ m}^3$ . La tolva para la balanza de cemento se muestra en la fig.3.3..



Cota	Valor	Descripción
D	3,0	Diámetro de silo
d	8,0	Diámetro de cono de descarga
$h_1$	2,0	Altura de cono de descarga
$h_2$	6,0	Altura de de silo

Densidad del cemento es de  $\rho: 1500 \frac{Kg}{m^3}$

Capacidad volumetrica total V:

$$V = \left[ \frac{\pi \cdot h_1}{12} \cdot (D^2 + D \cdot d + d^2) + \frac{\pi \cdot D^2 \cdot h_2}{4} \right] \dots \dots (5)$$

Figura N° 3.3.-Silo de Almacenamiento

Reemplazando valores se obtiene el siguiente valor del volumen:

$$V = 52,5 m^3$$

Reglamento Técnico Andino sobre Límites de Pesos y Dimensiones de los Vehículos destinados al Transporte Internacional de Pasajeros y Mercancías por Carretera en el apéndice 2 : “Dimensiones para vehículos de carga destinados al transporte internacional de mercancías por carretera” en la sección 4 : “Requisitos” limita las dimensiones que deberán tener las cargas para ser transportados sin la necesidad de permisos especiales. El silo deberá cumplir los siguientes dimensiones:

- a. El diámetro del silo no deberá ser mayor a 3 mts.

- b. La longitud de la altura no deberá superar los 10 mts.

### **3.4 SELECCIÓN DE CARGADOR FRONTAL PARA AGREGADOS.**

El cargador frontal determina la velocidad de abastecimiento de agregados a la tolva de la balanza de agregados, por tal motivo la adecuada selección del cargador frontal es importante debido al costo de la maquinaria y su mantenimiento.

La planta móvil se utilizará un cargador frontal de capacidad volumétrica del cucharón no menor a 2.1 m<sup>3</sup>. El mercado nacional ofrece diversa marcas reconocidas para la adquisición del cargador frontal, sin embargo las marcas Komatsu y Caterpillar nos ofrecen cobertura a nivel nacional describo algunos alcances de las marcas mencionadas.

Beneficios de la marca Komatsu:

- Rápida respuesta a fallas técnicas
- Menor costo de inversión.
- Menor costo de mantenimiento.

Beneficios de la marca Caterpillar:

- Stock completo de repuestos.
- Equipos con mayor robustez.

En la figura N° 3.4, se detalla las partes importantes para nuestro cálculo, en el anexo se adiciona parte detalles técnicos del cargador frontal Caterpillar modelo 924G

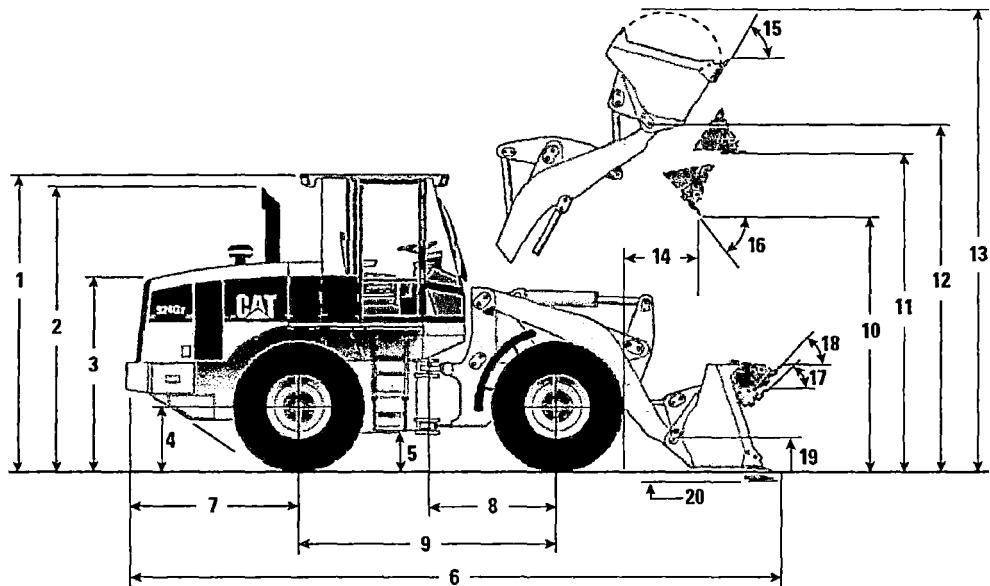


Figura N° 3.4.- Cargador Frontal Caterpillar -924G

6	Longitud total	7030 mm	(23 ft 1 in)
7	Long. al eje posterior	1918 mm	(6 ft 4 in)
9	Long. entre ejes	2800 mm	(9 ft 2 in)
10	Altura máx. descargado a 45°	2828 mm	(9 ft 4 in)
11	Altura máx. posición horizontal	3434 mm	(11 ft 4 in)
12	Altura máx. de elevación con carga	3759 mm	(12 ft 3 in)
13	Altura máx. con carga	4811 mm	(15 ft 10 in)

Cuadro.N° 3.1.- Dimensiones principales de Cargador Frontal Caterpillar modelo 924G

En la figura N° 3.5, se detalla las partes importantes para nuestro calculo, en el anexo se adiciona parte detalles técnicos del cargador frontal modelo WA 430 marca Komatsu.

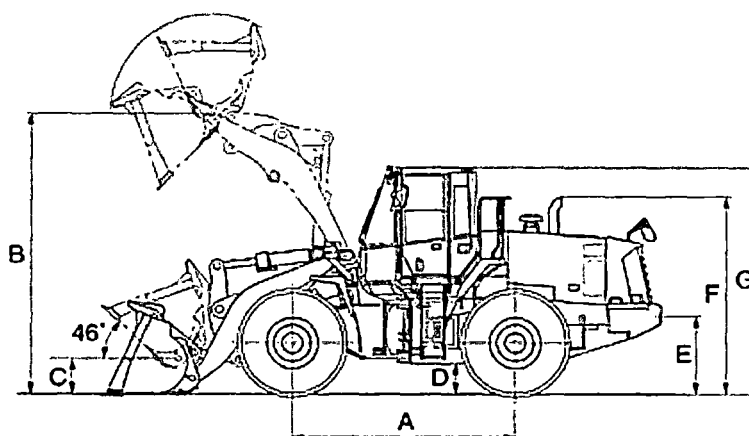


Figura N° 3.5.- Cargador Frontal marca Komatsu –WA 430

	Tread	2200 mm	7'3"
	Width over tires	2820 mm	9'3"
A	Wheelbase	3300 mm	10'10"
B	Hinge pin height, max. height	4165 mm	13'8"
C	Hinge pin height, carry position	520 mm	1'8"
D	Ground clearance	455 mm	1'6"
E	Hitch height	1150 mm	3'9"
F	Overall height, top of the stack	2940 mm	9'8"
G	Overall height, ROPS Level 2 cab	3390 mm	11'1"

Cuadro N° 3.2.-Dimensiones principales de Cargador Frontal Caterpillar modelo 924G

## **CAPÍTULO 4**

### **CÁLCULO DE FAJA TRANSPORTADORA Y DEL TRANSPORTADOR HELICOIDAL**

La planta móvil dosificadora de concreto será óptima, si la descarga se realiza ha menor tiempo posible, de forma coordinada entre las fajas transportadoras y el transportador helicoidal. Los componentes de agua y aditivos se realizan dentro de los tiempos de descarga de los agregados y el cemento, razón por el cual no se considera como factor principal en el tiempo de descarga y su mejora se realiza con menor inversión con la adquisición de una bomba hidráulica y una bomba neumática respectivamente.

Es el cálculo de la faja transportadora de agregados (faja inclinada de descarga) la que indica la velocidad de despacho y nuestro referente del tiempo de descarga. Se deberá adquirir de un transportador helicoidal para el transporte de cemento de una empresa reconocida con representación en el país nos garantiza.

Se presenta en el Cuadro N° 4.1 que contiene las simbologías de nomenclaturas utilizadas en los cálculos posteriores.



Cuadro N° 4.1.- Simbología de Nomenclaturas

$C$	Coef. para Grados de llenado	$I_{Real}$	Flujo real de volumen Tn/ hr
$C_a$	Capacidad equivalente $ft^3/hr$	$K$	Factor por inclinación de transp. helicoidal
$C_{Tr}$	Coef. por a material del componente tensor	$K_m$	Factor de carga de momento flector
$d$	Diámetro exterior de eje	$K_t$	Factor de carga de torsión
$d_{Gk}$	Espesor de la carcasa de la correa	$L$	Longitud total
$e$	Eficiencia del motor eléctrico	$M$	Momento flector
$f$	Coef. fricción de la cubierta	$m_c$	Peso de la cubierta calidad normal $Kg/m^2$
$F_O$	Fuerza para las resistencias de fricción	$m_g$	Peso del núcleo de la Correa $Kg/m^2$
$F_U$	Fuerza para las resistencias de fricción	$m_R$	Peso de los Componentes de polín $Kg$
$f_b$	Hanger bearing factor	$N$	Velocidad de operación rpm
$f_d$	Factor de diámetro	$N_a$	Potencia de accionamiento en el tambor propulsor
$f_f$	Factor de fricción	$N_m$	Potencia de accionamiento en el árbol del motor
$f_m$	Factor del material	$P$	Fuerza Propulsor
$f_o$	Factor de sobrecarga	$p$	Capacidad de transmisión tambor-correa $Kg/m^2$
$f_p$	Paddle factor	$Q_{req}$	Capacidad real requerida $ft^3/hr$
$g_e$	Generatriz de cono	$S_a$	Esfuerzo permisible de corte
$G_B$	Peso de la correa por metro $Kg/m$	$T$	Momento torso
$G_G$	Peso del material/metro correa $Kg/m$	$V$	Fuerza cortante debido a carga sísmica
$G_{RO}$	Peso de polines superiores $Kg/m$	$v$	Velocidad de la correa $m/s^2$
$G_{RU}$	Peso de polines inferiores $Kg/m$	$W$	Densidad aparente
H. $G_G$	Fuerza para las resistencias del peso a transportar	$\varphi_{St}$	Coefficiente efectivo de llenado
$I_{Vth}$	Flujo teórico de volumen		

#### 4.1. CÁLCULO DE FAJA TRANSPORTADORA DE DESCARGA

Para el cálculo de la faja transportadora se considera el material a transportar es arena ( $\rho: 1.84 \frac{tn}{m^3}$ ) por tener la mayor densidad entre los agregados.

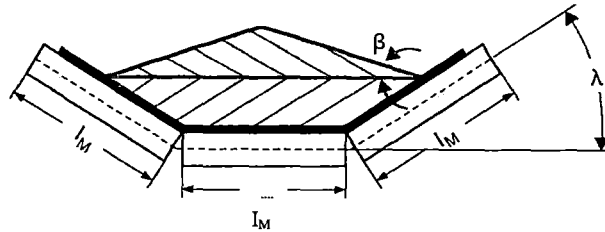


Figura N° 4.1.- Perfil frontal de faja transportadora

Consideraciones para el cálculo de la faja transportadora EP 630/3

$B$	800	Ancho de la faja (mm)
$L$	8000	Distancia de transporte (mm)
$H$	1900	Altura de transporte (mm)
$I_{Real}$	300	Flujo de carga (Tn/hr)
$\delta$	14°	Angulo de inclinación (°)
$\lambda$	20°	Combo de llenado (°)

##### 4.1.1. Cálculo de la velocidad de operación de la faja transportadora de descarga.

Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$v = \frac{I_{Real}}{I_{Vth} \cdot \varphi_{St} \cdot \rho} \quad \dots \dots (6)$$

$I_{Vth}$	Flujo teórico de volumen (Tn/hr)	Cuadro N° 4.2
$\varphi_{St}$	Coefficiente efectivo de llenado	Cuadro N° 4.3

Cuadro N°.4.2

Flujo teórico del volumen ( $I_{vth}$ )  $v = 1$  m/s con disposición de longitud de polines de carga de igual tamaño, velocidad transportadora  $v : 1$  m/s y el ángulo “equivalente” de reposo  $P = 15^\circ$

la correa B en mm	Longitud $l_M$ del tubo del polín transpor- tador en mm	Ángulo del canal $\lambda$ de la correa						
		0°	20°	25°	30°	35°	40°	45°
500	200	39	72	79	85	90	94	97
650	250	69	132	145	155	164	171	176
800	315	108	207	226	243	257	268	276
1000	380	174	337	369	396	419	437	449
1200	465	256	493	540	580	614	640	658
1400	530	353	685	750	806	853	888	913
1600	600	466	907	993	1067	1128	1175	1208
1800	670	594	1160	1270	1365	1443	1502	1544
2000	740	739	1443	1581	1699	1795	1869	1920
2200	800	917	1802	1974	2121	2241	2332	2394
2400	870	1115	2196	2406	2585	2730	2840	2915
2600	940	1332	2628	2880	3094	3268	3399	3486
2800	1000	1568	3104	3402	3654	3859	4012	4113
3000	1070	1824	3615	3961	4255	4492	4670	4788
3200	1140	2099	4164	4563	4902	5174	5379	5513

En las notas de la Norma DIN 22101 se entrega una explicación del término ángulo de reposo “equivalente” (ver cuadro N° 4.3)

Cuadro 4.3.- Norma DIN 22101

Ángulo de inclinación $\delta$	2°	4°	6°	8°	10°	12°	14°	16°	18°	20°
Coficiente $\varphi_{st}$	1.0	0.99	0.98	0.97	0.95	0.93	0.91	0.89	0.85	0.81

Reemplazando valores en la expresión (6)

$\varphi_{st}$	0.91
$I_{vth}$	207
$I_{Real}$	300

Se obtiene el siguiente valor de la velocidad de la correa:

$$v = 0,865 \text{ m/s}$$

En la figura N° 4.2 se detalla cada una de las fuerzas que actúan en el tambor propulsor de la faja transportadora inclinada, la fuerza resultante es la denominada Fuerza de Propulsión (P)

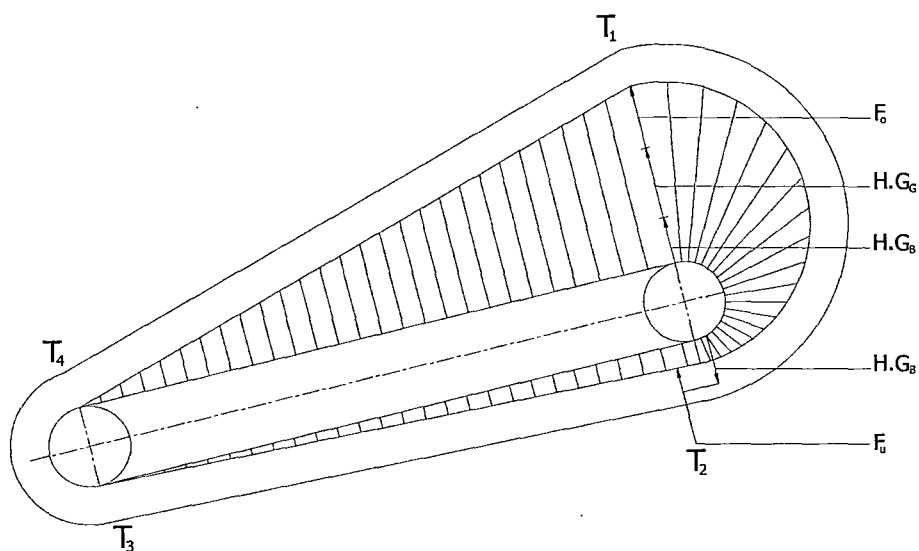


Figura N° 4.2.- Diagrama de fuerzas Tambor motriz.

#### 4.1.2 Calculo de la fuerza de propulsión (P)

$$P = F_O + F_U + H. G_G \quad \dots\dots (7)$$

Fuerza para superar las resistencias de fricción en el tramo superior ( $F_O$ )

$$F_O = C. f. L. [(G_G + G_B). \cos\delta + G_{RO}] \quad \dots\dots (8)$$

Fuerza para superar las resistencias de fricción en el tramo inferior ( $F_U$ )

$$F_U = C. f. L. (G_B. \cos\delta + G_{RU}) \quad \dots\dots (9)$$

Fuerza para superar las resistencias del peso a transportar.

$$H. G_G \quad \dots\dots (10)$$

Reemplazando (8), (9) y (10) en (7) la expresión resultante de la fuerza de propulsión (P) es la siguiente:

$$P = C. f. L. [(G_G + 2. G_B). \cos\delta + G_{RO} + G_{RU}] + H. G_G \quad \dots\dots (11)$$

En el cuadro N° 4.4 se indica las tablas para los valores de C y f

$f$	Índice de fricción poleas Tabla.6
$C$	Coficiente Tabla.7
$L$	Distancia de transporte
$G_G$	Masa del material/metro correa $kg/m$
$G_B$	Masa de la correa por metro $kg/m$
$\delta$	Angulo de inclinación ( $^{\circ}$ )
$G_{RO}$	Masa de polines superiores $kg/m$
$G_{RU}$	Masa de polines inferiores $kg/m$
$H$	Altura de transporte

Cuadro N° 4.4.- Símbolos de nomenclatura en la expresión (11)

#### Cuadro N° 4.5

Valores Guía para Determinar la Resistencia Principal de los sistemas transportadores para Grados de llenado en el recorrido de la cubierta superior con carga entre un 70% y un 110 % (de acuerdo a la norma DIN 22101).

1. Valor fricción f para el recorrido de la cubierta superior y de retorno conjuntamente

Características	Clasificación de características		
Fricción interna del material transportado	medio	menor	alto
Alineación del transportador	medio	bueno	malo
Tensión de la correa	medio	alto	bajo
Condiciones de funcionamiento (polvoriento, pegajoso)	medio	bueno	malo
Diámetro del polín	108 a 159	> 159	< 108
Espacio entre estaciones de polines en el recorrido de la cubierta superior en mt.	1.0 a 1.5	< 1.0	> 1.5
Espacio entre estaciones de polines en el recorrido de la cubierta de retorno en mt.	2.5 a 3.5	< 2.5	> 3.5
Velocidad de la correa m/s	4 a 6	< 4	> 6
Angulo del canal en $^{\circ}$	25 a 35	< 25	> 35
Temperatura ambiente en $^{\circ}C$	15 a 25	> 25	< 15
Valor de fricción f	Valor guía $\approx 0.020$	Como resultado	
		Una disminución	Un aumento
		Del valor de fricción f	
		Menor a $\geq 0.010$	Mayor a $\leq 0.040$

Valores Guías de "P"		
Instalaciones bien dispuestas Valor estándar	f = 0.018 f = 0.020	Material: con fricción interna reducida Material: Normal
En casos de condiciones desfavorables de funcionamiento	de f = 0.023 a f = 0.030	Material: con alta fricción(trayectos de excavación subterránea descolgamiento de la correa)

Cuadro N° 4.6

Valores Guía para Determinar El Coeficiente C de Transportadores para Grados de llenado en el recorrido de la cubierta superior con carga entre 70 y 110% (Norma DIN 22101)

Longitud del transportador L en mt	3	4	5	6	8	10	12.5
Coeficiente C	9	7.6	6.6	5.9	5.1	4.5	4
Longitud del transportador L en mt	80	100	150	200	300	400	500
Coeficiente C	1.92	1.78	1.58	1.45	1.31	1.25	1.20
Longitud del transportador L en mt	600	700	800	900	1000	1500	>2000
Coeficiente C	1.17	1.14	1.12	1.10	1.09	1.06	1.05

a) Cálculo de masa del material/metro correa ( $G_G$ )

Se utiliza la siguiente expresión:

$$G_G = \frac{I_{Real}}{3,6 \cdot v} \quad \dots (12)$$

Reemplazando los valores en la expresión (12) se obtiene el siguiente valor:

$$G_G = 96,34 \frac{kg}{m}$$

$I_{Real}$	300
$v$	0,865

b) Cálculo de masa de la correa por metro ( $G_B$ )

La correa que utilizaremos es del tipo EP 630/3 y se utilizara la siguiente expresión:

$$G_B = m_g \cdot B + m_c \cdot B \quad \dots(13)$$

$m_g$	Masa del núcleo correa	Cuadro N° 4.7
$m_c$	Masa de la cubierta	Cuadro N° 4.8

Cuadro N° 4.7

Valores guía para la Masa y Espesor de las Correas Transportadoras Phoenix  
Correas con carcasa textil Phoenix de 2 telas y multitelas para el transporte de material con  
cubiertas de tipo X, Y

Correa	Espesor $d_{D0}$ de cubierta en mm		Espesor $d_G$ de correa en mm	Área relativa a la masa de la correa con cubierta tipo $m''_G$ en kg/m <sup>2</sup> con tipo de cubierta	
	Parte Superior	Parte Inferior		X	Y
Correas de 2 telas					
EP 400/2	4 : 2		9.5	11.0	11.5
EP 630/2	4 : 2		10.5	12.0	12.5
EP 800/2	4 : 2		11.0	12.5	13.0
Correas de 3 telas					
EP 400/3	4 : 2		9.0	10.0	10.5
EP 500/3	6 : 3		12.0	13.5	14.0
EP 630/3	5 : 2		10.5	12.0	12.5
Correas de 4 telas					
EP 500/4	4 : 2		10.0	11.5	12.0
EP 630/4	6 : 3		13.0	14.5	15.0
EP 800/4	7 : 3		14.5	16.5	17.0
EP 1000/4	7 : 3		16.5	18.0	18.5
Correas de 5 telas					
EP 800/5	5 : 2		12.0	14.0	14.5
EP 1000/5	6 : 3		14.5	17.0	17.5
EP 1250/5	8 : 3		19.0	21.0	21.5
EP 1600/5	10 : 3		22.0	25.0	25.5

Cuadro N° 4.8.- Peso de las cubiertas calidad normal

Sección tabular 1.1	+1.7/-1.0 kg/m <sup>2</sup>
Sección tabular 1.2	+/- 2.2 kg/m <sup>2</sup>
Sección tabular 2.1	+1.2/-0.6 kg/m <sup>2</sup>
Sección tabular 2.2	+1.5/-0.8 kg/m <sup>2</sup>

Con otros espesores de cubierta, se producen las siguientes desviaciones por mm:		
Cubierta tipo X	1.10	kg/m <sup>2</sup>
Cubierta tipo Y	1.15	kg/m <sup>2</sup>
Cubierta tipo V	1.50	kg/m <sup>2</sup>

Peso del núcleo:  $m_g \cdot B = 12 \frac{kg}{m^2} \cdot 0,8m = 9,6 \frac{kg}{m}$

Cubierta normal:  $m_c \cdot B = 7.1,1 \frac{kg}{m^2} \cdot 0,8m = 6,16 \frac{kg}{m}$

Reemplazando valores se obtiene el siguiente valor:

$$G_B = 15,76 \frac{kg}{m}$$

a) Cálculo de masa debido a polines superiores ( $G_{RO}$ )

Se utiliza la siguiente expresión:

$$G_{RO} = \frac{m_R}{s} \quad \dots (14)$$

$m_R$	Masa componente polín	Cuadro N° 4.9
$s$	Distancia entre polines	-----

Reemplazando los valores en la expresión (14) se obtiene el siguiente valor:

$$G_{RO} = 17,8 \frac{kg}{m}$$

$m_R$	14,1
$s$	0,8

b) Cálculo de masa debido a polines superiores ( $G_{RU}$ )

Se utiliza la siguiente expresión:

$$G_{RU} = \frac{m_R}{u} \quad \dots (15)$$

$m_R$	Masa componente polín	Cuadro N° 4.9
$u$	Distancia entre polines	-----

Reemplazando los valores en la expresión (15) se obtiene el siguiente valor:

$$G_{RU} = 5,45 \frac{kg}{m}$$

$m_R$	10,9
$u$	2,0



Cuadro N° 4.9

Valores guía para la Masa de los Componentes de polín giratorio  $m_R$  del Conjunto de Polines de las partes 1, 2 y 3 (en Kg.)

Ancho B de Correa en mm	Diámetro $d_R$ de polín exterior en mm					
	63.5	89	108	133	159	194
400	5.0 / 4.2 / 3.2	7.5 / 6.4 / 5.2				
500	5.6 / 4.6 / 3.6	8.4 / 7.4 / 6.0				
650	6.3 / 5.2 / 4.4	9.6 / 8.5 / 7.2	12.2 / 10.7 / 8.9			
800		11.1 / 9.8 / 8.8	14.1 / 12.3 / 10.9			
1000		12.6 / 12.0 / 10.4	16.0 / 15.0 / 12.8	24.6 / 21.6 / 17.4		
1200			18.6 / 16.9 / 15.3	27.6 / 24.0 / 20.4	34.5 / 30.0 / 25.1	
1400			20.4 / 18.8 / 17.2	30.0 / 26.4 / 22.8	37.5 / 32.8 / 28.0	
1600				32.4 / 28.8 / 25.3	40.5 / 38.6 / 30.9	
1800					46.2 / 40.4 / 34.6	79.1 / 71.9 / 62.4
2000					49.5 / 43.2 / 37.5	86.7 / 78.8 / 67.4
2200					51.9 / 47.6 / 41.9	92.4 / 84.0 / 74.9
2400						97.9 / 89.0 / 80.4
2600						103.4 / 94.1 / 85.9
2800						108.9 / 98.9 / 91.4
3000						114.4 / 103.9 / 96.9
3200						120.0 / 109.1 / 102.4

Reemplazando en la expresion (8) se obtiene el siguiente valor:

$$F_o = 5,1. (0,025). 8,0. [(96,34 + 15,76). \cos 14^\circ + 17,8]$$

$$F_o = 129,1 \text{ kg}$$

Reemplazando en la expresion (9) se obtiene el siguiente valor:

$$F_U = 5,1. (0,025). 8. (15,76. \cos 14^\circ + 5,45) = 21,16 \text{ kg}$$

Reemplazando en la expresion (10) se obtiene el siguiente valor:

$$H. G_G = 183,1 \text{ kg}$$

Reemplazando (8), (9) y(10) en (11) se obtiene el siguiente valor:

$$P = 333,3 \text{ kg}$$

#### 4.1.3 Cálculo de potencia de accionamiento en el tambor propulsor.

$$N_a = \frac{P. v}{75} \quad \dots (16)$$

Reemplazando en la expresion (16) se obtiene el siguiente valor:

$$N_a = \frac{(333,3). (0,865)}{75} = 3,84 \text{ Hp}$$

#### 4.1.4 Cálculo de potencia de accionamiento en el árbol del motor.

$$N_m = \frac{P. v}{102. \eta} \quad \dots (17)$$

Reemplazando en la expresion (17) se obtiene el siguiente valor:

$$N_m = \frac{(333,33). (0,865)}{102.0,95} = 2,98 \text{ Kw}$$

#### 4.1.5 Cálculo de esfuerzos en faja transportadora.

Se realiza Condición límite de Eytelwein en la figura N° 4.3, se describe las fuerzas que soporta el tambor motriz:

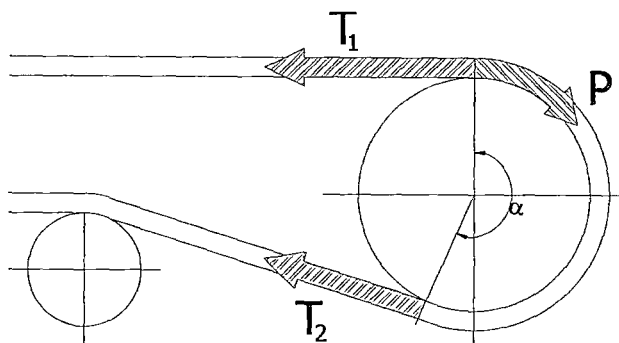


Figura N° 4.3.-Diagrama de fuerzas Tambor motriz

En la Figura N° 4.3 se establece las siguientes relaciones:

$$T_1 = T_2 + P \quad \dots (18)$$

$$\frac{T_2}{T_1} = e^{\mu \cdot \alpha} \quad \dots (19)$$

De las expresiones (18) y (19) se deducen las siguientes fórmulas en el caso de propulsión delantera:

$$T_1 = P \cdot \left[ 1 + \frac{1}{e^{\mu \cdot \alpha} - 1} \right] \quad \dots (20)$$

$$T_2 = P \cdot \frac{1}{e^{\mu \cdot \alpha} - 1} \quad \dots (21)$$

$$T_3 = T_2 = T_2 + F_u - H \cdot G_B \quad \dots (22)$$

$\mu$	Coefficiente de fricción	Cuadro N° 4.10
$\alpha$	Angulo de contacto con tambor	-----
$P$	Fuerza periférica en el tambor	-----

Cuadro N° 4.10

Coefficientes de fricción recomendados  $\mu$  entre correas transportadoras con cubiertas de goma y superficie de poleas con diferentes terminaciones (Norma DIN 22101) en estado de funcionamiento continuo\*

Condiciones de funcionamiento	Superficie de la polea			
	Polea de acero pelada (suave)	Revestimiento de poliuretano para la fricción (dibujo espina de pescado)	Revestimiento de poliuretano para la fricción (dibujo espina de pescado)	Revestimiento cerámico (poroso, dibujo espina de pescado)
Seco	0.35 a 0.4	0.35 a 0.4	0.4 a 0.45	0.4 a 0.45
Húmedo (agua pura)	0.1	0.35	0.35	0.35 a 0.4
Húmedo (contaminado con barro, greda)	0.05 a 0.1	0.2	0.25 a 0.3	0.35

Para correas con platos de cubierta de PVC, los valores de fricción se deberían asumir para que sean aproximadamente menor a 10%

Reemplazando valores en la expresiones (20), (21) y (22)

$\mu$	0,45	$T_1 = 405,31 \text{ kg}$
$\alpha$	220°	$T_2 = 72,0 \text{ Kg}$
$P$	333,3	$T_3 = T_4 = 63,22 \text{ kg}$

a) Cálculo tensión de descolgamiento ( $T'$ )

Se calcula con la siguiente expresión:

$$T'_{min} = 2,5 \cdot \sigma \cdot (G_B + G_G) \quad \dots (23)$$

Se debe cumplir que la siguiente condición  $T_4 > T'$  caso contrario se emplea las siguientes expresiones:

$$T_3 = T_4 = T' \quad \dots (24)$$

$$T_2 = T_3 - F_u + H \cdot G_B \quad \dots (25)$$

$$T_1 = T_2 + P \quad \dots (26)$$

Reemplazando valores en la expresiones (23)

$$T' = 2,5 \cdot 0,8 \cdot (15,76 + 96,34) = 224 \text{ kg}$$

Debido  $T' > T_4$  reemplazamos valores en (24), (25) y (26):

$$T_3 = 224 \text{ kg}$$

$$T_4 = 224 \text{ kg}$$

$$T_2 = 233 \text{ kg}$$

$$T_1 = 566,3 \text{ kg}$$

La condición  $T' > T_4$  ocurre en bandas de poca longitud de recorrido

#### 4.1.6 Cálculo del diámetro mínimo del tambor propulsor ( $D_{Tr}$ )

Mediante la siguiente expresión:

$$D_{Tr} = C_{Tr} \cdot d_{Gk} \quad \dots (27)$$

$C_{Tr}$	Coeficiente de material de correa	Tabla.11
$d_{Gk}$	Coeficiente espesor de cubierta	Tabla.12

Cuadro N° 4.11

Factor debido al material del componente del tensor de la Faja transportadora

Material del componente tensor	$C_{Tr}$
B (algodón)	80
E (poliéster)	108
P (poliamida)	90
St (cable de acero)	145

Cuadro N° 4.12  
Valores Guía para los Espesores de las Cubiertas Superior y de Retorno para Correas Transportadoras con Carcasa Textil y para aquellas con Cables de Acero para Diferentes Usos (en mm)  $d_{Gk}$

Tipo de correa	Uso	Material transportado	Cubierta superior	Cubierta de retorno
Correa con carcasa Textil	Correas transportadoras móviles	Material fino Material liviano	21	
	Plantas de carga y descarga y plantas donde se transporta carbón mineral	Carbón mineral, potasio, gravilla, arena, mineral fino	2 a 4	2
	Plantas de carga y descarga, pozos de gravilla, canteras	Trozos de carbón mineral, rocas, gravilla áspera, mineral, peso excesivo	4 a 8	2 a 3
	Excavadoras y cargadores, chancadores	Trozos de roca grandes, mineral y peso excesivo	8 a 16	3 a 4
Correa con cables de acero	Plantas de carga y descarga y plantas donde transporta carbón mineral	Carbón mineral, potasio, gravilla, arena, mineral fino	4 a 8	4 a 6
	Plantas de carga y descarga, minas de carbón, canteras	Trozos de carbón mineral, rocas, gravilla áspera, mineral, peso excesivo	6 a 12	4 a 8
	Excavadoras y cargadores, chancadores	Trozos de roca, mineral, carbón y peso excesivo	10 a 20	6 a 10

Reemplazando valores en la expresión (27):

$$D_{Tr} = 216 \begin{array}{|c|c|} \hline d_{Gk} & 2,0 \\ \hline C_{Tr} & 108 \\ \hline \end{array}$$

El valor hallado nos permite utilizar el cuadro N° 4.13 seleccionando el valor inmediato superior  $A=315\text{mm}$

Donde:

$A$	Diámetro del tambor propulsor	Cuadro N° 4.13
-----	-------------------------------	----------------

Cuadro N° 4.13  
Selección de diámetro mínimo de polea motriz

$D_{Tr} =$ $C_{Tr} \cdot d_{Gk}$	Diámetro mínimo de polea en mm (sin carga)											
	Factor de carga de la polea $\frac{k_{max}}{k_N} \cdot 8.100$ en %											
	≥ 100% grupo de poleas			60% a 100% grupo de poleas			30% a 60% grupo de poleas			≤ 30% grupo de poleas		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
100	125	100		100								
125	160	125	100	125	100		100					
160	200	160	125	160	125	100	125	100		100	100	
200	250	200	160	200	160	125	160	125	100	125	125	100
250	315	250	200	250	200	160	200	160	125	160	160	125
315	400	315	250	315	250	200	250	200	160	200	200	160
400	500	400	315	400	315	250	315	250	200	250	250	200
500	630	500	400	500	400	315	400	315	250	315	315	250
630	800	630	500	630	500	400	500	400	315	400	400	315
800	1000	800	630	800	630	500	630	500	400	500	500	400
1000	1250	1000	800	1000	800	630	800	630	500	630	630	500
1250	1400	1250	1000	1250	1000	800	1000	800	630	800	800	630
1400	1600	1400	1000	1400	1250	1000	1250	1000	800	1000	1000	800
1600	1800	1600	1250	1600	1250	1000	1250	1000	800	1000	1000	800
1800	2000	1800	1250	1800	1400	1250	1600	1250	1000	1250	1250	1000
2000	2200	2000	1400	2000	1600	1250	1600	1250	1000	1250	1250	1000

$k_{max}$  ancho máximo en relación a la fuerza de tensión de la correa en el área de la polea durante una funcionamiento continuo

$k_N$  ancho relacionado a la fuerza de ruptura nominal de la correa



## 4.2 CÁLCULO DE FAJA TRANSPORTADORA EN LA BALANZA DE AGREGADOS

Para el cálculo de la faja transportadora (ver figura N° 4.4), se considera el material a transportar es arena (  $\rho: 1.84 \frac{tn}{m^3}$  ) por tener la mayor densidad entre los agregados.

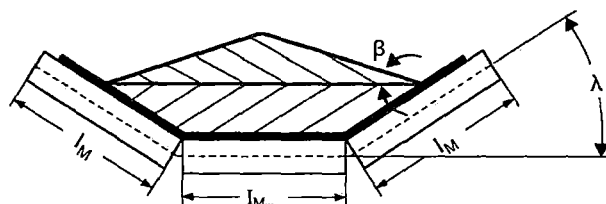


Figura N° 4.4. Perfil frontal de faja transportadora

Consideraciones para el cálculo de la faja transportadora EP 630/3

$B$	800	Ancho de la faja (mm)
$L$	6000	Distancia de transporte (mm)
$I_{Real}$	300	Flujo de carga (Tn/hr)
$\lambda$	20°	Combo de llenado (°)

### 4.2.1 Cálculo de la velocidad de operación de la faja transportadora de descarga

Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$v = \frac{I_{Real}}{I_{vth} \cdot \varphi_{St} \cdot \rho} \quad \dots (28)$$

$I_{vth}$	Flujo teórico de volumen (Tn/hr)	Tabla 4
$\varphi_{St}$	Coefficiente efectivo de llenado	Tabla 5

Reemplazando valores se obtiene el siguiente valor de la velocidad de la correa:

$$v = 0,78$$

$\varphi_{St}$	1,0
$I_{Vth}$	207
$I_{Real}$	300

En la figura N° 4.5 se detalla cada una de las fuerzas que actúan en el tambor propulsor de la faja transportadora horizontal, la fuerza resultante es la denominada Fuerza de Propulsión (P)

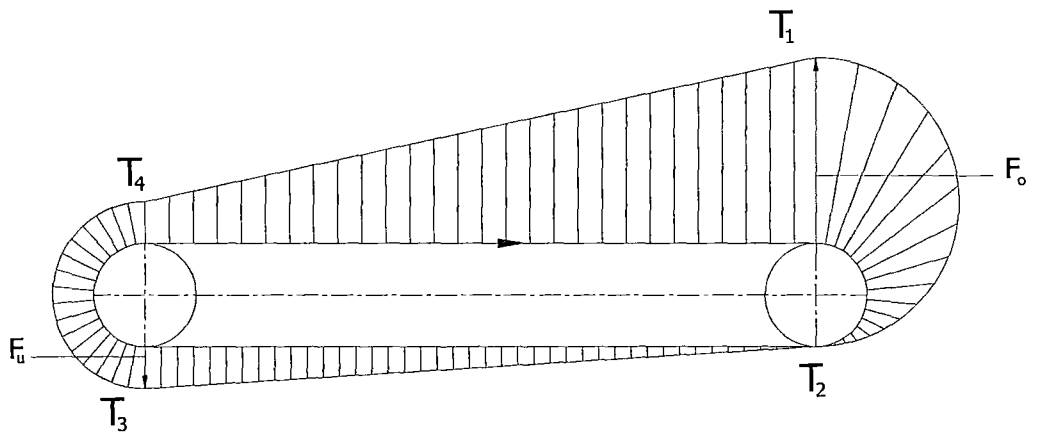


Figura N° 4.5.- Diagrama de fuerzas Tambor motriz.

#### 4.2.2 Cálculo de la fuerza de propulsión (P)

$$P = F_O + F_U \quad \dots (29)$$

Fuerza para superar las resistencias de fricción en el tramo superior ( $F_O$ )

$$F_O = C. f. L. (G_G + G_B + G_{RO}) \quad \dots (30)$$

Fuerza para superar las resistencias de fricción en el tramo inferior ( $F_U$ )

$$F_U = C. f. L. (G_B + G_{RU}) \quad \dots (31)$$

Reemplazando (31) y (30) en (29) la expresión resultante de la fuerza de propulsión (P) es la siguiente:

$$P = C.f.L.(G_G + 2.G_B + G_{RO} + G_{RU}) \quad \dots(32)$$

En el cuadro N° 4.14, se indica las tablas para los valores de C y f

$f$	Índice de fricción poleas Tabla.6
$C$	Coficiente Tabla.7
$L$	Distancia de transporte
$G_G$	Masa del material/metro correa $kg/m$
$G_B$	Masa de la correa por metro $kg/m$
$G_{RO}$	Masa de polines superiores $kg/m$
$G_{RU}$	Masa de polines inferiores $kg/m$

a) Cálculo de masa del material/metro correa ( $G_G$ )

Se utiliza la siguiente expresión:

$$G_G = \frac{I_{Real}}{3,6.v} \quad \dots(33)$$

Reemplazando los valores en la expresión (33) se obtiene el siguiente valor:

$$G_G = 105,9 \frac{kg}{m}$$

$I_{Real}$	300
$v$	0,787

b) Cálculo de masa de la correa por metro ( $G_B$ )

La correa que utilizaremos es del tipo EP 630/3 y se utilizará la siguiente expresión:

$$G_B = m_g \cdot B + m_c \cdot B \quad \dots (34)$$

$m_g$	Masa del núcleo correa	Tabla 8.1
$m_c$	Masa de la cubierta	Tabla 8.2

Peso del núcleo:  $m_g \cdot B = 12 \frac{kg}{m^2} \cdot 0,35m = 4,2 \frac{kg}{m}$

Cubierta normal:  $m_c \cdot B = 7 \cdot 1,1 \frac{kg}{m^2} \cdot 0,35m = 2,7 \frac{kg}{m}$

Reemplazando valores en la expresión (34) se obtiene el siguiente valor:

$$G_B = 6,9 \frac{kg}{m}$$

c) Cálculo de masa debido a polines superiores ( $G_{RO}$ )

Se utiliza la siguiente expresión:

$$G_{RO} = \frac{m_R}{s} \quad \dots (35)$$

$m_R$	Masa componente polín	Tabla.9
$s$	Distancia entre polines	-----

Reemplazando los valores en la expresión (35) se obtiene el siguiente valor:

$$G_{RO} = 20,14 \frac{kg}{m}$$

$m_R$	14,1
$s$	0,7

d) Cálculo de masa debido a polines superiores ( $G_{RO}$ )

Se utiliza la siguiente expresión:

$$G_{RU} = \frac{m_R}{u} \quad \dots (36)$$

$m_R$	Masa componente polín	Tabla 9
$u$	Distancia entre polines	-----

Reemplazando los valores en la expresión (36) se obtiene el siguiente valor:

$$G_{RU} = 7,27 \frac{kg}{m}$$

$m_R$	10,9
$u$	1,5

Reemplazando en la expresión (30) se obtiene el siguiente valor:

$$F_o = 5,9 \cdot (0,025) \cdot 6 \cdot (105,9 + 6,9 + 20,14)$$

$$F_o = 117,7 \text{ kg}$$

Reemplazando en la expresión (31) se obtiene el siguiente valor:

$$F_v = 5,9 \cdot (0,025) \cdot 6 \cdot (6,9 + 7,27) = 12,5 \text{ kg}$$

Reemplazando (30) y (31) en (32) se obtiene el siguiente valor:

$$P = 130,2 \text{ kg}$$

#### 4.2.3 Cálculo de potencia de accionamiento en el tambor propulsor.

$$N_a = \frac{P \cdot v}{75} \quad \dots (37)$$

Reemplazando en la expresión (37) se obtiene el siguiente valor:

$$N_a = \frac{(130,2) \cdot (0,787)}{75} = 1,4 \text{ Hp}$$

#### 4.2.4 Cálculo de potencia de accionamiento en el árbol del motor.

$$N_m = \frac{P \cdot v}{102 \cdot \eta} \quad \dots (38)$$

Reemplazando en la expresión (38) se obtiene el siguiente valor:

$$N_m = \frac{(130,2) \cdot (0,787)}{102 \cdot 0,95} = 1,1 \text{ Kw}$$

#### 4.2.5 Cálculo de esfuerzos en faja transportadora.

Se realiza Condición límite de Eytelwein en la figura N° 4.6 se describe las fuerzas que soporta el tambor motriz:

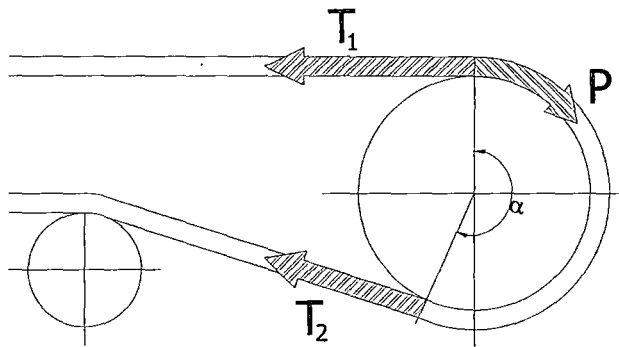


Figura N° 4.6.- Diagrama de fuerzas Tambor motriz

En la figura N°4.6 se establece las siguientes relaciones:

$$T_1 = T_2 + P \quad \dots (39)$$

$$\frac{T_2}{T_1} = e^{\mu \alpha} \quad \dots (40)$$

De las expresiones (39) y (40) se deducen las siguientes formulas en el caso de propulsión delantera:

$$T_1 = P. \left[ 1 + \frac{1}{e^{\mu\alpha} - 1} \right] \quad \dots (41)$$

$$T_2 = P. \frac{1}{e^{\mu\alpha} - 1} \quad \dots (42)$$

$$T_3 = T_4 = T_2 + F_u \quad \dots (43)$$

$\mu$	Coeficiente de fricción	Tabla.10
$\alpha$	Angulo de contacto con tambor	-----
$P$	Fuerza periférica en el tambor	-----

Reemplazando valores en la expresiones (41), (42) y (43)

$\mu$	0,45	$T_1 = 158,3 \text{ kg}$
$\alpha$	220°	$T_2 = 28,1 \text{ Kg}$
$P$	130,2	$T_3 = T_4 = 40,62 \text{ kg}$

a) Cálculo tensión de descolgamiento ( $T'$ )

Se calcula con la siguiente expresión:

$$T'_{min} = 2,5.0. (G_B + G_G) \quad \dots (44)$$

Se debe cumplir que la siguiente condición  $T_4 > T'$  caso contrario se

emplea las siguientes expresiones:

$$T_3 = T_4 = T' \quad \dots (45)$$

$$T_2 = T_3 - F_u + H. G_B \quad \dots (46)$$

$$T_1 = T_2 + P \quad \dots (47)$$

Reemplazando valores en la expresiones (44)

$$T' = 2,5.0,7. (6,9 + 105,9) = 197,4 \text{ kg}$$

Debido  $T' > T_4$  reemplazamos valores en (45), (46) y (47):

$$T_3 = 224 \text{ kg}$$

$$T_4 = 224 \text{ kg}$$

$$T_2 = 233 \text{ kg}$$

$$T_1 = 566,3 \text{ kg}$$

La condición  $T' > T_4$  ocurre en bandas de poca longitud de recorrido

#### 4.1.6 Cálculo del diámetro mínimo del tambor propulsor ( $D_{Tr}$ )

Mediante la siguiente expresión:

$$D_{Tr} = C_{Tr} \cdot d_{Gk} \quad \dots (48)$$

$C_{Tr}$	Coeficiente de material de correa	Tabla.11
$d_{Gk}$	Coeficiente espesor de cubierta	Tabla.12

Reemplazando valores en la expresión (48):

$$D_{Tr} = 216 \begin{array}{|c|c|} \hline d_{Gk} & 2,0 \\ \hline C_{Tr} & 108 \\ \hline \end{array}$$

El valor hallado nos permite utilizar la Cuadro N° 4.13 seleccionando el valor inmediato superior  $A=315\text{mm}$

#### 4.3. CÁLCULO DE ESTRUCTURA PARA FAJA TRANSPORTADORA DE DESCARGA

La estructura que soporta la faja transportadora estará soportando las siguientes cargas:

$$W_{neto} = F_s \cdot L \cdot (G_G + G_B + G_{RS} + G_{RU}) \quad \dots (49)$$



$F_S$	8000	Factor de seguridad
$L$	96,34	Longitud del transportador mm
$G_G$	15,76	Calculo de masa del material/metro correa Kg/m
$G_B$	17,8	Calculo de masa de la correa por metro Kg/m
$G_{RS}$	5,45	Calculo de masa debido a polines superiores Kg/m
$G_{RU}$	1,25	Calculo de masa debido a polines superiores Kg/m

Reemplazando valores en la expresión (49) se obtiene el valor de la fuerza que soporta la estructura:

$$W_{neto} = 13,3 N$$

En la figura N° 4.7 Representa el tipo de armadura que se utilizara en la estructura de la faja transportadora se considera el siguiente modelo:

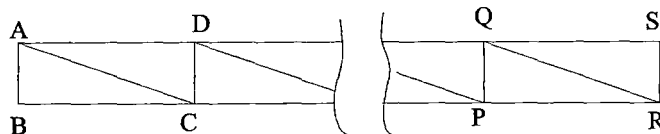


Figura N° 4.7 Tipo de armadura de estructura para Faja Transportadora

La estructura tendrá las siguientes características:

- Longitud total : 8 metros.
- Numero de paneles: 8 unidades.
- Altura de armadura: 0,30 metros.

Para el cálculo de reacción de la estructura considera la figura N° 4.8 que representara el perfil superior que soporta una carga distribuida.

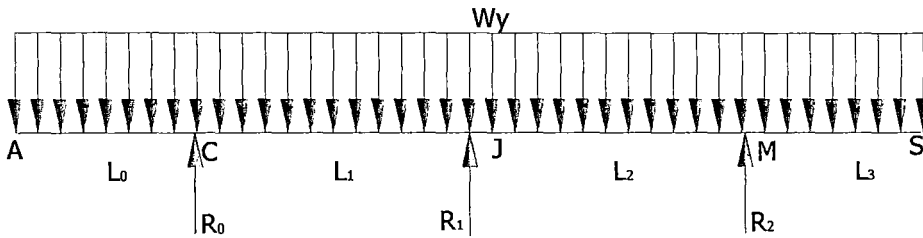


Figura 4.8.- Diagrama simplificado de fuerza que soporta el perfil superior

### 4.3.1 Cálculo de reacciones $R_0$ , $R_1$ y $R_2$

a) Cálculo de momento en A

$$W_{neto} \cdot (L_0 + L_1) = R_0(L_0) + R_1(L_0 + L_1) + R_2(L_0 + L_1 + L_2) \quad \dots (50)$$

b) Cálculo de momento en C

$$W_{neto} \cdot (L_1) = R_0(0) + R_1(L_1) + R_2(L_1 + L_2) \quad \dots (51)$$

c) Cálculo de momento en S

$$W_{neto} \cdot (L_2 + L_3) = R_0(L_1 + L_2 + L_3) + R_1(L_2) + R_2(L_3) \quad \dots (52)$$

$$W_{neto} = 13,3 \text{ N}$$

$$L_0 = 1 \text{ m}$$

$$L_1 = 3 \text{ m}$$

$$L_2 = 3 \text{ m}$$

Reemplazando valores en la expresión (50), (51) y (52)

$$R_0 = 3,5 \text{ kN}$$

$$R_1 = 3,5 \text{ kN}$$

$$R_2 = 3,5 \text{ kN}$$

### 4.3.2 Cálculo de modulo de sección mínimo del perfil superior

d) Diagrama D.M.F - Tramo AC ( $0 < x < 1$ )

Momento flexión

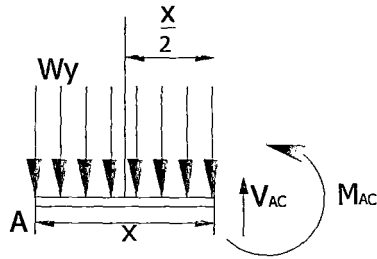


Figura 4.9.-Diagrama de fuerzas tramo AC

Cálculo de momento  $M_{AC}$ :

$$M_{AC} = -W_y \cdot \frac{x}{2} \quad \dots (52)$$

Reemplazando los valores en la expresión (52)

$$M_{AC} = -0,665 \cdot x^2$$

$$M_{AC} |_{x=1} = -0,665 \text{ KNm}$$

a) Diagrama D.M.F - Tramo CJ (  $1 < x < 4$  )

Momento flexión

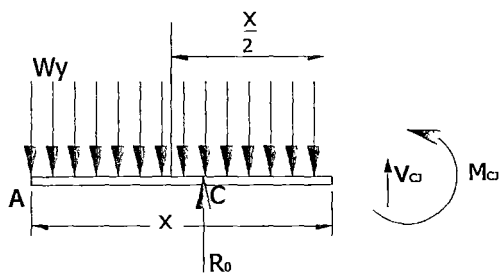


Figura N° 4.10.- Diagrama de fuerzas tramo CJ

Cálculo de momento  $M_{CJ}$ :

$$M_{CJ} = 3,5 \cdot (x - 1) - W_y \cdot \frac{x}{2} \quad \dots (53)$$

Reemplazando los valores en la expresión (53)

$$M_{CJ} = 3,5 \cdot X - 3,5 - 0,665 \cdot x^2$$

$$M_{CJ}|_{x=1} = -0,665 \text{ KNm}$$

$$M_{CJ}|_{x=4} = -0,14 \text{ KNm}$$

b) Diagrama D.M.F - Tramo JM (  $4 < x < 7$  )

Momento flexión

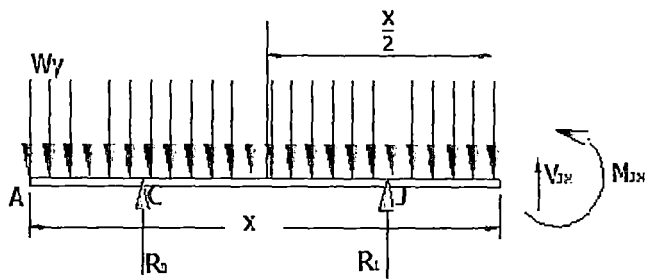


Figura N° 4.11.- Diagrama de fuerzas tramo CJ

Cálculo de momento  $M_{JM}$ :

$$M_{JM} = 3,5 \cdot (x - 1) + 3,5 \cdot (x - 4) - W_y \cdot \frac{x}{2} \dots (54)$$

Reemplazando los valores en la expresión (54)

$$M_{JM} = 7 \cdot x - 17,5 - 0,665 \cdot x^2$$

$$M_{JM}|_{x=4} = -0,14 \text{ KNm}$$

$$M_{JM}|_{x=7} = -1,08 \text{ KNm}$$

c) Diagrama D.M.F - Tramo MS (  $7 < x < 8$  )

Momento flexión

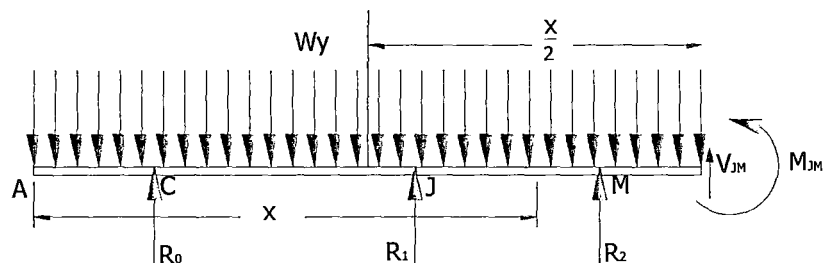


Figura N° 4.12.-Diagrama de fuerzas tramo MS

$$M_{MS} = 3,5 \cdot (x - 1) + 3,5 \cdot (x - 4) + 3,5 \cdot (x - 7) - W_y \cdot \frac{x}{2} \dots (55)$$

Reemplazando los valores en la expresión (55)

$$M_{MS} = 10,5 \cdot x - 42 - 0,665 \cdot x^2$$

$$M_{MS}|_{x=7} = -1,08 \text{ KNm}$$

$$M_{MS}|_{x=8} = -0,56 \text{ KNm}$$

d) Cálculo del momento flector máximo

Se determina mediante la derivada en los tramos de la viga en nuestro caso el momento flector máximo se presenta en el tramo CJ

$$\frac{d(M_{CJ})}{dx} = 0 \rightarrow 3,5 - 1,33x = 0 \rightarrow x = 2,63$$

Reemplazando el valor de  $x = 2,63$  en la expresión (54)

$$M_{CJ} = 3,5 \cdot X - 3,5 - 0,665 \cdot x^2$$

$$M_{CJ}|_{x=2,63} = -3,52 \text{ KNm} \approx -3,52 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

La fuerza estará distribuida en las dos vigas que deberán tener el módulo de sección (S) determinado de la siguiente ecuación:

$$\sigma = \frac{M \cdot C}{I} = \frac{M}{S} \rightarrow S = \frac{M}{\sigma} \dots (56)$$

Reemplazando valores en la expresión (56) se obtiene el siguiente valor:

$$S = \frac{1,76 \cdot 10^6 \cdot \text{Nmm}}{200 \cdot \text{N/mm}^2} = 8800 \text{ mm}^3$$

De la tabla de perfiles Anexo.3 se selecciona el perfil  $2 \frac{1}{2} \times 2 \frac{1}{2} \times \frac{3}{8}$  cuyo S es igual a  $9100 \text{ mm}^3$ .

### 4.3.3 Cálculo de deformaciones de los perfiles de la estructura

a) Cálculo de ubicación de nodos.

Del anexo.4 realizamos la disposición de los nodos tomando como origen de coordenadas se encuentra en el nodo N ° 1 de la armadura espacial.

En el cuadro N° 4.15 se muestra la posición de cada nodo de la estructura

Cuadro N° 4.15.-

Coordenadas geométricas de los nodos de la Estructura para la faja transportadora de descarga

Nodo	x (m)	y (m)	z (m)	Desplazamiento
1	0.00	0.00	0.00	1 2 3
2	0.97	0.00	0.24	4 5 6
3	0.19	0.00	0.48	7 8 9
4	0.29	0.00	0.73	10 11 12
5	0.39	0.00	0.97	13 14 15
6	0.49	0.00	0.12	16 17 18
7	0.58	0.00	0.15	19 20 21
8	0.68	0.00	0.17	22 23 24
9	0.78	0.00	0.19	25 26 27
10	0.07	0.00	0.29	28 29 30
11	0.90	0.00	0.53	31 32 33
12	0.19	0.00	0.78	34 35 36
13	0.28	0.00	0.10	37 38 39
14	0.38	0.00	0.13	40 41 42
15	0.48	0.00	0.15	43 44 45
16	0.58	0.00	0.17	46 47 48
17	0.67	0.00	0.20	49 50 51
18	0.77	0.00	0.22	52 53 54
19	0.00	1.00	0.00	55 56 57
20	0.78	1.00	0.19	58 59 60
21	0.73	1.00	0.29	61 62 63
22	0.77	1.00	0.22	64 65 66
23	0.90	1.00	0.53	67 68 69
24	0.97	1.00	0.24	70 71 72
25	0.19	1.00	0.78	73 74 75
26	0.19	1.00	0.48	76 77 78

Nodo	x (m)	y (m)	z (m)	Desplazamiento
27	0.28	1.00	0.10	79 80 81
28	0.29	1.00	0.73	82 83 84
29	0.38	1.00	0.13	85 86 87
30	0.39	1.00	0.97	88 89 90
31	0.48	1.00	0.15	91 92 93
32	0.49	1.00	0.12	94 95 96
33	0.58	1.00	0.17	97 98 99
34	0.58	1.00	0.15	101 102 103
35	0.67	1.00	0.20	104 105 106
36	0.68	1.00	0.17	107 108 109

b) Coordenadas nodales y cosenos directores

Se emplea la siguiente expresión para el eje X:

$$l = \frac{x_2 - x_1}{l^e} \quad \dots (57)$$

Se emplea la siguiente expresión para el eje Y:

$$m = \frac{y_2 - y_1}{l^e} \quad \dots (58)$$

Se emplea la siguiente expresión para el eje Z:

$$n = \frac{z_2 - z_1}{l^e} \quad \dots (59)$$

Donde  $l^e$  se calcula con la siguiente expresión:

$$l^e = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2} \quad \dots (60)$$

En el cuadro N° 4.16 se presenta la conectividad de las coordenadas nodales halladas mediante las expresiones (57), (58), (59) y (60)

Cuadro N° 4.16.- Conectividad de coordenadas nodales de la Estructura para la faja transportadora de descarga

e	Nodos		G DL	Le ( m )	l	m	n
	( 1 )	( 2 )					
1	1	2	1 2 3 4 5 6	1	0.97	0.00	0.24
2	2	3	4 5 6 7 8 9	1	0.97	0.00	0.24
3	3	4	7 8 9 10 11 12	1	0.97	0.00	0.24
4	4	5	10 11 12 13 14 15	1	0.97	0.00	0.24
5	5	6	13 14 15 16 17 18	1	0.97	0.00	0.24
6	6	7	16 17 18 19 20 21	1	0.97	0.00	0.24
7	7	8	19 20 21 22 23 24	1	0.97	0.00	0.24
8	8	9	22 23 24 25 26 27	1	0.97	0.00	0.24
9	1	10	1 2 3 28 29 30	0.3	0.24	0.00	0.97
10	10	11	28 29 30 31 32 33	1	0.97	0.00	0.24
11	11	12	31 32 33 34 35 36	1	0.97	0.00	0.24
12	12	13	34 35 36 37 38 39	1	0.97	0.00	0.24
13	13	14	37 38 39 40 41 42	1	0.97	0.00	0.24
14	14	15	40 41 42 43 44 45	1	0.97	0.00	0.24
15	15	16	43 44 45 46 47 48	1	0.97	0.00	0.24
16	16	17	46 47 48 49 50 51	1	0.97	0.00	0.24
17	17	18	49 50 51 52 53 54	1	0.97	0.00	0.24
18	9	18	25 26 27 52 53 54	0.3	0.24	0.00	0.97
19	19	24	55 56 57 70 71 72	1	0.97	0.00	0.24
20	24	26	70 71 72 76 77 78	1	0.97	0.00	0.24
21	26	28	76 77 78 82 83 84	1	0.97	0.00	0.24
22	28	30	82 83 84 88 89 90	1	0.97	0.00	0.24
23	30	32	88 89 90 94 95 96	1	0.97	0.00	0.24
24	32	34	94 95 96 101 102 103	1	0.97	0.00	0.24
25	34	36	101 102 103 107 108 109	1	0.97	0.00	0.24
26	36	20	107 108 109 58 59 60	1	0.97	0.00	0.24
27	19	21	55 56 57 61 62 63	0.3	0.24	0.00	0.97
28	21	23	61 62 63 67 68 69	1	0.97	0.00	0.24
29	23	25	67 68 69 73 74 75	1	0.97	0.00	0.24
30	25	27	73 74 75 79 80 81	1	0.97	0.00	0.24
31	27	29	79 80 81 85 86 87	1	0.97	0.00	0.24
32	29	31	85 86 87 91 92 93	1	0.97	0.00	0.24
33	31	33	91 92 93 97 98 99	1	0.97	0.00	0.24
34	33	35	97 98 99 104 105 106	1	0.97	0.00	0.24
35	35	22	104 105 106 64 65 66	1	0.97	0.00	0.24
36	20	22	58 59 60 64 65 66	0.3	0.24	0.00	0.97
37	1	19	1 2 3 55 56 57	1	0.00	1.00	0.00
38	2	24	4 5 6 70 71 72	1	0.00	1.00	0.00



e	Nodos		G DL	Le ( m )	l	m	n
	( 1 )	( 2 )					
39	3	26	7 8 9 76 77 78	1	0.00	1.00	0.00
40	4	28	10 11 12 82 83 84	1	0.00	1.00	0.00
41	5	30	13 14 15 88 89 90	1	0.00	1.00	0.00
42	6	32	16 17 18 94 95 96	1	0.00	1.00	0.00
43	7	34	19 20 21 101 102 103	1	0.00	1.00	0.00
44	8	36	22 23 24 107 108 109	1	0.00	1.00	0.00
45	1	20	25 26 27 58 59 60	1	0.00	1.00	0.00
46	10	21	28 29 30 61 62 63	1	0.00	1.00	0.00
47	11	23	31 32 33 67 68 69	1	0.00	1.00	0.00
48	12	25	34 35 36 73 74 75	1	0.00	1.00	0.00
49	13	27	37 38 39 79 80 81	1	0.00	1.00	0.00
50	14	29	40 41 42 85 86 87	1	0.00	1.00	0.00
51	15	31	43 44 45 91 92 93	1	0.00	1.00	0.00
52	16	33	46 47 48 97 98 99	1	0.00	1.00	0.00
53	17	35	49 50 51 104 105 106	1	0.00	1.00	0.00
54	18	22	52 53 54 64 65 66	1	0.00	1.00	0.00
55	1	10	1 2 3 28 29 30	0.3	0.24	0.00	0.97
56	2	11	4 5 6 31 32 33	0.3	0.24	0.00	0.97
57	3	12	7 8 9 34 35 36	0.3	0.24	0.00	0.97
58	4	13	10 11 12 37 38 39	0.3	0.24	0.00	0.97
59	5	14	13 14 15 40 41 42	0.3	0.24	0.00	0.97
60	6	15	16 17 18 43 44 45	0.3	0.24	0.00	0.97
61	7	16	19 20 21 46 47 48	0.3	0.24	0.00	0.97
62	8	17	22 23 24 49 50 51	0.3	0.24	0.00	0.97
63	9	18	25 26 27 52 53 54	0.3	0.24	0.00	0.97
64	19	21	55 56 57 61 62 63	0.3	0.24	0.00	0.97
65	24	23	70 71 72 67 68 69	0.3	0.24	0.00	0.97
66	26	25	76 77 78 73 74 75	0.3	0.24	0.00	0.97
67	28	27	82 83 84 79 80 81	0.3	0.24	0.00	0.97
68	30	29	88 89 90 85 86 87	0.3	0.24	0.00	0.97
69	32	31	94 95 96 91 92 93	0.3	0.24	0.00	0.97
70	34	33	101 102 103 97 98 99	0.3	0.24	0.00	0.97
71	36	35	107 108 109 104 105 106	0.3	0.24	0.00	0.97
72	20	22	58 59 60 64 65 66	0.3	0.24	0.00	0.97

## c) Matrices de rigidez locales

La matriz de rigidez locales están determinados por:

$$k_{rs}^e = \left(\frac{E \cdot A}{l}\right)^2 \cdot \begin{bmatrix} l^2 & lm & nl & -l^2 & -lm & -nl \\ lm & m^2 & mn & -lm & -m^2 & -mn \\ nl & mn & n^2 & -nl & -mn & -n^2 \\ -l^2 & -lm & -nl & l^2 & lm & nl \\ -lm & -m^2 & -mn & lm & m^2 & mn \\ -nl & -mn & -n^2 & nl & mn & n^2 \end{bmatrix} \dots (61)$$

La estructura tiene 72 elementos finitos se tendrá 72 matrices de rigidez locales.

Para los elementos finitos del 1-8 ,10-17,19-26,28-35 la matriz es la siguiente:

$$k_{rs}^e = \left(\frac{E \cdot A}{l}\right)^2 \cdot \begin{bmatrix} 0,94 & 0 & 0,23 & -0,94 & 0 & -0,23 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,23 & 0 & 0,05 & -0,23 & 0 & -0,05 \\ -0,94 & 0 & -0,23 & 0,94 & 0 & 0,23 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -0,23 & 0 & -0,05 & 0,23 & 0 & 0,05 \end{bmatrix}$$

Para los elementos finitos del 9, 18, 27, 55-72 la matriz es la siguiente:

$$k_{rs}^e = \left(\frac{E \cdot A}{l}\right)^2 \cdot \begin{bmatrix} 0,05 & 0 & 0,23 & -0,05 & 0 & -0,23 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,23 & 0 & 0,94 & -0,23 & 0 & -0,94 \\ -0,05 & 0 & -0,23 & 0,05 & 0 & 0,23 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -0,23 & 0 & -0,94 & 0,23 & 0 & 0,94 \end{bmatrix}$$

Para los elementos finitos del 37-54 la matriz es la siguiente:

$$k_{rs}^e = \left(\frac{E \cdot A}{l}\right)^2 \cdot \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

d) La matriz de rigidez global

Se determina a través de la conectividad del modelo, utilizando la siguiente fórmula:

$$K_{ij} = \sum k_{rs}^e \Big|_{\substack{s \rightarrow i \\ r \rightarrow j}} \dots(62)$$

Como se tiene 36 nodos en la estructura y el análisis se realiza en el espacio se tendrá 3 grados de libertad por cada nodo, la matriz de rigidez será de 108x108 por lo que deberá utilizar para el análisis para el cálculo de las deformaciones mediante el software Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2009.

Se determina las cargas debido al peso de la estructura y la carga distribuida

La figura N° 4.13, se presenta la carga distribuida que soporta la estructura de la faja transportadora de descarga y la acción del peso de la estructura.

Las deformaciones que sufre la estructura debido a su peso se observan de color naranja en la figura N° 4.14, en los nodos 2,5 y 8 no existe deformación por se los puntos de apoyos de la estructura.

Las deformaciones debido a la aplicación de la carga distribuida se expone de color rojo en la figura N° 4.15 la mayor deformación se muestra en la parte inferior de la faja debido a que esta zona del nodo 1 al nodo 2 trabaja en voladizo lo que provoca la deformación en la zona del nodo 2 al nodo 5.

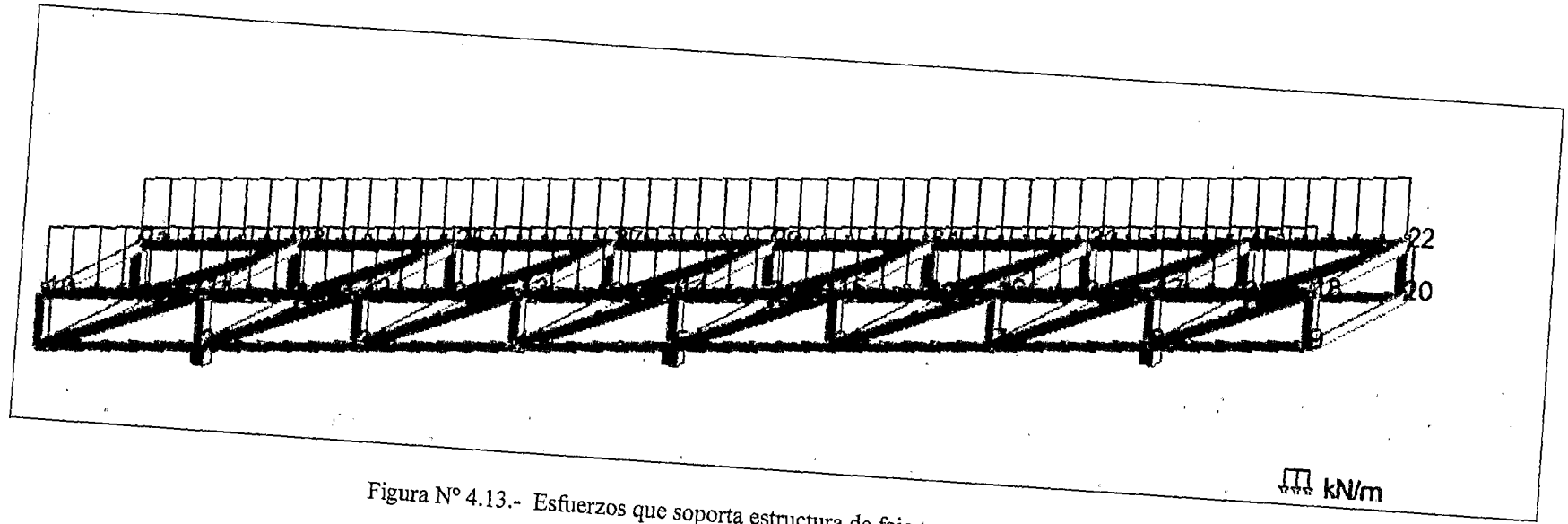


Figura N° 4.13.- Esfuerzos que soporta estructura de faja transportadora de descarga

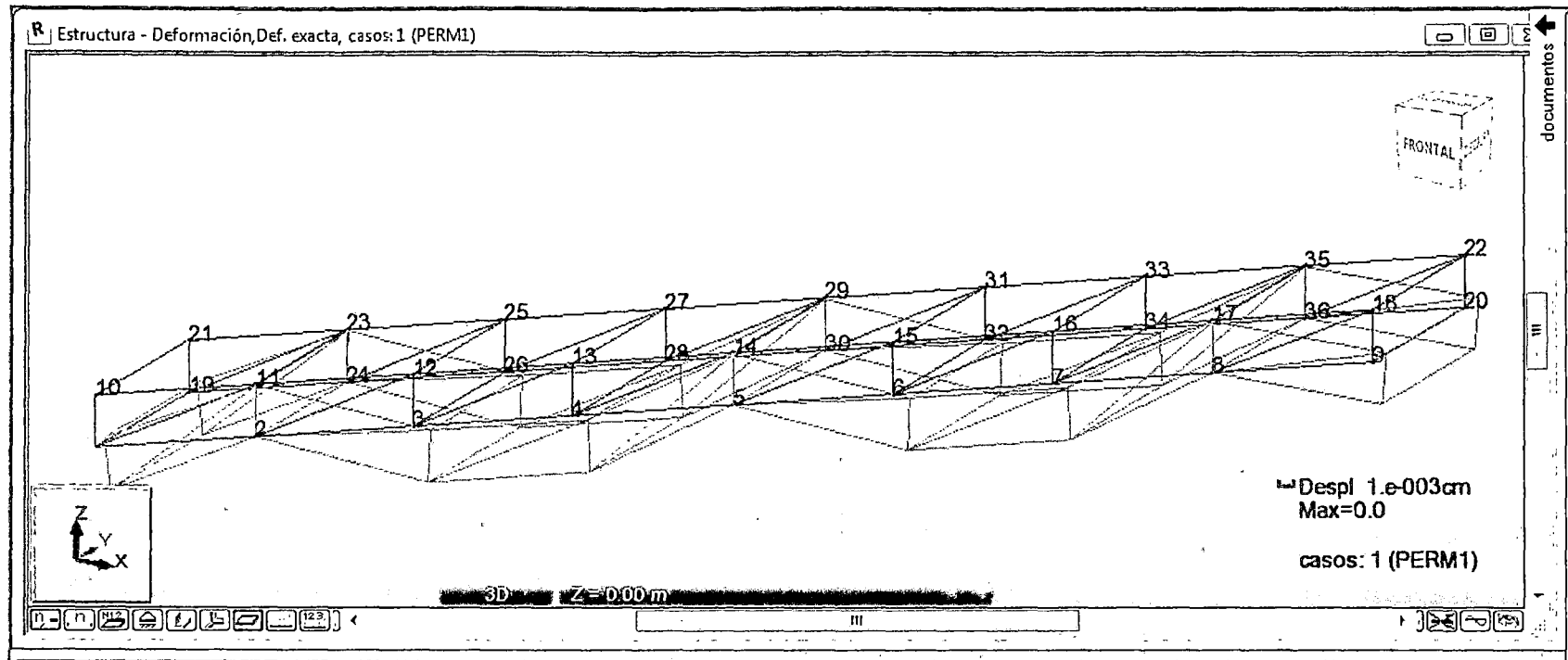


Figura 4.14.- Esfuerzos que soporta estructura de faja transportadora de descarga debido al peso de la estructura

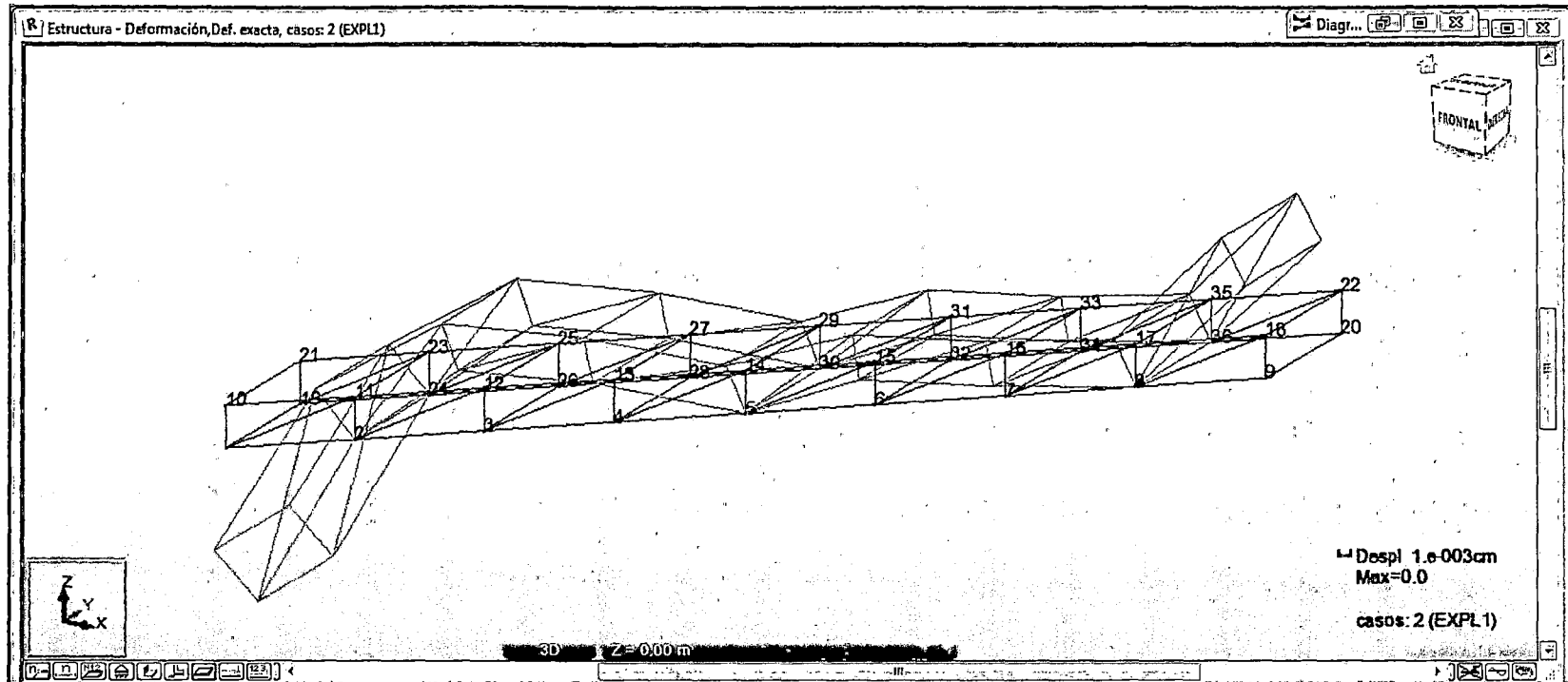


Figura N° .4.15.- Esfuerzos que soporta estructura de faja transportadora de descarga debido a la carga distribuida.

En el cuadro N° 4.17 se presenta las reacciones en la estructura debido al carga distribuida y al peso de la estructura.

Cuadro N° 4.17

Esfuerzos en los nodos soporta estructura de faja transportadora de descarga debido a la carga distribuida y el peso de la estructura

Reacciones sistema de coordenadas global - Casos: 1 2			
Nudo/Caso	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)
2/ 1	0.01	0.0	0.98
2/ 2	4.64	0.0	1.83
5/ 1	0.01	0.0	1.11
5/ 2	6.08	0.0	1.35
8/ 1	-0.01	0.0	0.97
8/ 2	1.88	0.0	-0.11
24/ 1	0.01	0.0	0.98
24/ 2	4.64	0.0	1.83
30/ 1	0.01	0.0	1.11
30/ 2	6.08	0.0	1.35
36/ 1	-0.01	0.0	0.97
36/ 2	1.88	0.0	-0.11
<b>Caso 1</b>	<b>PERM1</b>		
Suma final	0.00	0.0	6.10
Suma de reacci	0.00	0.0	6.10
Suma de esfuer	0.0	0.0	-6.10
Verificación	0.00	0.0	0.00
Precisión:	8.04893e-015	1.42858e-029	
<b>Caso 2</b>	<b>EXPL1</b>		
Suma final	25.20	0.0	6.14
Suma de reacci	25.20	0.0	6.14
Suma de esfuer	-25.20	0.0	-6.14
Verificación	-0.00	0.0	0.00
Precisión:	2.52419e-015	3.19743e-031	

En el cuadro N° 4.18, se presenta los desplazamientos en la estructura debido al carga distribuida y al peso de la estructura.

Cuadro N° 4.18

Desplazamientos en los nodos de la estructura de faja transportadora de descarga debido a la carga distribuida y el peso de la estructura

Nudo/Caso	UX (mm)	UY (mm)	UZ (mm)
2/ 1	0.0	0.0	0.0
2/ 2	0.0	0.0	0.0
3/ 1	0.012	0.0	-0.041
3/ 2	-0.026	0.0	0.052
4/ 1	0.015	0.0	-0.041
4/ 2	-0.022	0.0	0.033
5/ 1	0.0	0.0	0.0
5/ 2	0.0	0.0	0.0
6/ 1	0.012	0.0	-0.041
6/ 2	-0.016	0.0	0.020
7/ 1	0.015	0.0	-0.041
7/ 2	-0.013	0.0	0.006
8/ 1	0.0	0.0	0.0
8/ 2	0.0	0.0	0.0
9/ 1	0.008	0.0	-0.031
9/ 2	-0.020	0.0	0.083
10/ 1	0.008	-0.000	-0.031
10/ 2	-0.011	-0.000	-0.138
11/ 1	0.001	0.0	-0.001
11/ 2	-0.041	0.0	-0.000
12/ 1	0.014	-0.000	-0.041
12/ 2	-0.043	0.000	0.053
13/ 1	0.013	0.0	-0.041
13/ 2	-0.031	0.0	0.034
14/ 1	0.001	0.0	-0.001
14/ 2	-0.019	0.0	0.001
15/ 1	0.014	0.0	-0.040
15/ 2	-0.023	0.0	0.021
16/ 1	0.012	0.000	-0.041
16/ 2	-0.021	-0.000	0.007
17/ 1	0.001	0.0	-0.001
17/ 2	-0.021	0.0	0.001
18/ 1	0.012	0.0	-0.031
18/ 2	-0.045	0.0	0.083
17/ 2	-0.021	0.0	0.001
18/ 1	0.012	0.0	-0.031
18/ 2	-0.045	0.0	0.083
19/ 1	0.012	0.0	-0.030
19/ 2	0.034	0.0	-0.138
20/ 1	0.008	0.0	-0.031
20/ 2	-0.020	0.0	0.083
21/ 1	0.008	0.0	-0.031
21/ 2	-0.011	0.0	-0.138
22/ 1	0.012	0.0	-0.031
22/ 2	-0.045	0.0	0.083
23/ 1	0.001	0.0	-0.001
23/ 2	-0.041	0.0	-0.000
24/ 1	0.0	0.0	0.0
24/ 2	0.0	0.0	0.0
25/ 1	0.014	0.0	-0.041
25/ 2	-0.043	0.0	0.053



Continuación del cuadro N° 4.18.

26/ 1	0.012	0.0	-0.041
26/ 2	-0.026	0.0	0.052
27/ 1	0.013	0.0	-0.041
27/ 2	-0.031	0.0	0.034
28/ 1	0.015	0.0	-0.041
28/ 2	-0.022	0.0	0.033
29/ 1	0.001	0.0	-0.001
29/ 2	-0.019	0.0	0.001
30/ 1	0.0	0.0	0.0
30/ 2	0.0	0.0	0.0
31/ 1	0.014	0.0	-0.040
31/ 2	-0.023	0.0	0.021
32/ 1	0.012	0.0	-0.041
32/ 2	-0.016	0.0	0.020
33/ 1	0.012	0.0	-0.041
33/ 2	-0.021	0.0	0.007
34/ 1	0.015	0.0	-0.041
34/ 2	-0.013	0.0	0.006
35/ 1	0.001	0.0	-0.001
35/ 2	-0.021	0.0	0.001
36/ 1	0.0	0.0	0.0
36/ 2	0.0	0.0	0.0

Análisis del perfil superior debido al peso de la estructura

Sección : L 2.5x2.5x0.375  
 Longitud : 800cm

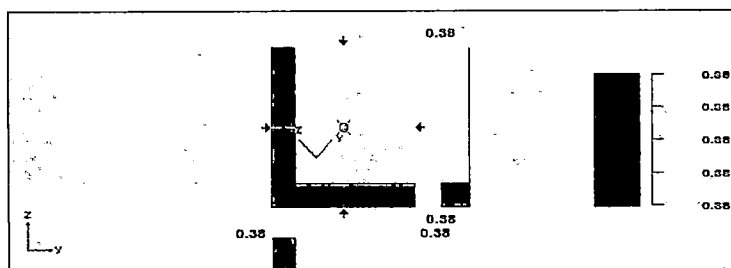


Figura N° 4.23.- Sección transversal eje Y-Z de perfil superior de la estructura de la faja transportadora de descarga

Caso de carga: "PERM1"

Tipo de análisis de tensiones (Hipótesis) : Normales

Esfuerzos internos tomados en cuenta : Fx Fy Fz Mx My Mz

## Tensiones extremas en la barra

	$s_x$ max	$s_x$ min	$ t $ max	$s_j$ max
Tensiones	0.39 MPa	-0.75 MPa	0.00 MPa	0.75 MPa
Posición relativa	0.51	0.51	0.00	0.00
Posición absoluta	419.9 cm	419.9 cm	0.0 cm	419.9 cm

## Resultados en la sección

## Fuerzas aplicadas a la sección

$F_x = 0.43$ kN	$M_x = 0.00$ kN*m
$F_y = 0.00$ kN	$M_y = 0.00$ kN*m
$F_z = 0.00$ kN	$M_z = 0.00$ kN*m

## Tensiones extremas en la sección

	$s_x$ max	$s_x$ min	$ t_{xy} $ max	$ t_{xz} $ max
Tensiones	0.38 MPa	0.38 MPa	0.00 MPa	0.00 MPa
Y local	1.7 cm	1.7 cm	1.7 cm	1.7 cm
Z local	-4.4 cm	-4.4 cm	-4.4 cm	-4.4 cm

	$ t $ max	$s_j$ max
Tensiones	0.00 MPa	0.38 MPa
Y local	1.7 cm	1.7 cm
Z local	-4.4 cm	-4.4 cm

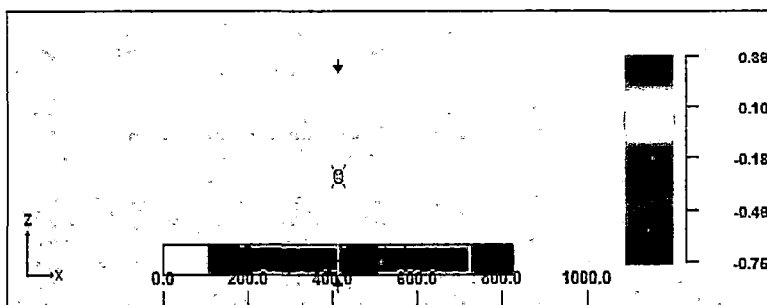


Figura N° 4.24.-  
Sección longitudinal eje Z-X de perfil superior de la estructura de la faja transportadora de descarga

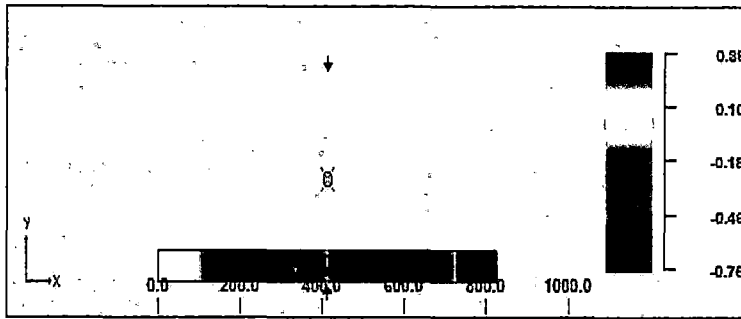


Figura N°.25

Sección longitudinal eje X-Y del perfil superior de la estructura de la faja transportadora de descarga

Resultados en la sección

Plano XZ	$s_x$ max	$s_x$ min	$ t_{XZ} $ max	$s_i$ max
Tensiones	0.39 MPa	-0.75 MPa	0.00 MPa	0.75 MPa
Posición relativa	0.26	0.51 0.00	0.51	
Posición absoluta	214.1 cm	419.9 cm	0.0 cm	419.9 cm
Plano XY	$s_x$ max	$s_x$ min	$ t_{XY} $ max	$s_i$ max
Tensiones	0.39 MPa	-0.75 MPa	0.00 MPa	0.75 MPa
Posición relativa	0.26	0.51 0.00	0.51	
Posición absoluta	214.1 cm	419.9 cm	0.0 cm	419.9 cm

Análisis del perfil superior debido a la carga distribuida

Sección : L 2.5x2.5x0.375

Longitud : 800cm

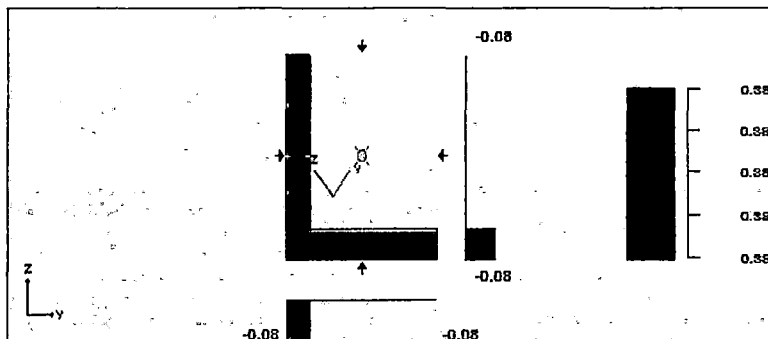


Figura N° 4.26

Sección transversal eje Y-Z de perfil superior de la estructura de la faja transportadora de descarga

Caso de carga : "EXPL1"

Tipo de análisis de tensiones (Hipótesis) : Normales

Esfuerzos internos tomados en cuenta : Fx Fy Fz Mx My Mz

Tensiones extremas en la barra

	$s_x$ max	$s_x$ min	$ t $ max	$s_j$ max
Tensiones	0.39 MPa	-0.75 MPa	0.00 MPa	0.75 MPa
Posición relativa	0.51	0.51	0.00	0.00
Posición absoluta	419.9 cm	419.9 cm	0.0 cm	419.9 cm

Resultados en la sección

Fuerzas aplicadas a la sección

Fx=-0.09 kN	Mx = 0.00 kN*m
Fy=0.00 kN	My = 0.00 kN*m
Fz=0.00 kN	Mz = 0.00 kN*m

Tensiones extremas en la sección

	$s_x$ max	$s_x$ min	$ t_{xy} $ max	$ t_{xz} $ max
Tensiones	0.38 MPa	0.38 MPa	0.00 MPa	0.00 MPa
Y local	1.7 cm	1.7 cm	1.7 cm	1.7 cm
Z local	-4.4 cm	-4.4 cm	-4.4 cm	-4.4 cm

	$ t $ max	$s_j$ max
Tensiones	0.00 MPa	0.38 MPa
Y local	1.7 cm	1.7 cm
Z local	-4.4 cm	-4.4 cm

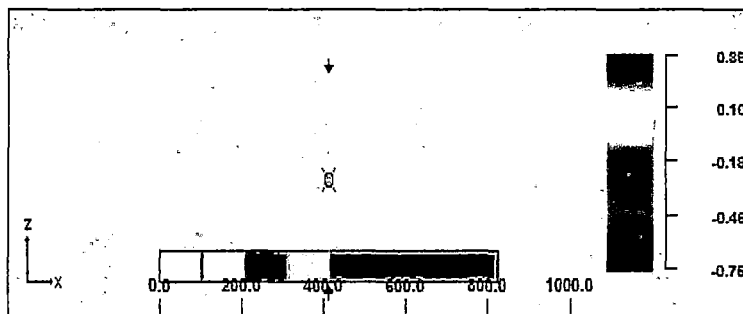


Figura N° 4.27 Sección longitudinal eje Z-X de perfil superior de la estructura de la faja transportadora de descarga

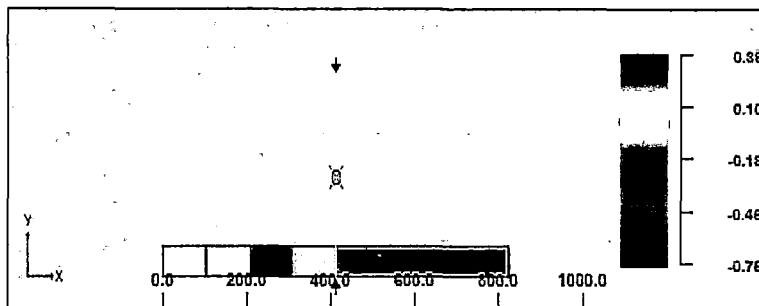


Figura N° 4.28

Sección longitudinal eje Z-X de perfil superior de la estructura de la faja transportadora de descarga

#### Resultados en la sección

Plano XZ	$s_x$ max	$s_x$ min	$ t_{xZ} $ max	$s_j$ max
Tensiones	0.39 MPa	-0.75 MPa	0.00 MPa	0.75 MPa
Posición relativa	0.26	0.51	0.00	0.51
Posición absoluta	214.1 cm	419.9 cm	0.0 cm	419.9 cm
Plano XY	$s_x$ max	$s_x$ min	$ t_{xY} $ max	$s_j$ max
Tensiones	0.39 MPa	-0.75 MPa	0.00 MPa	0.75 MPa
Posición relativa	0.26	0.51	0.00	0.51
Posición absoluta	214.1 cm	419.9 cm	0.0 cm	419.9 cm

#### 4.4 SELECCIÓN DE POTENCIA DEL TRANSPORTADOR HELICOIDAL

Para el cálculo del transportador helicoidal se considera el material a transportar

del cemento Portland con densidad  $\rho: 94 \frac{lb}{ft^3}$

Consideraciones para el cálculo:

$L$	23	Longitud del transportador ft
$H$	1800	Altura de transporte (mm)
$Q_{Req}$	1400	Capacidad real requerida $\frac{ft^3}{hr}$
$\delta$	15°	Angulo de inclinación (°)

Potencia para accionamiento en vacio ( $HP_f$ )

$$HP_f = \frac{L \cdot N \cdot f_d \cdot f_b}{10^6} \quad \dots (63)$$

Potencia para desplazamiento del material ( $HP_m$ )

$$HP_m = \frac{C_E \cdot L \cdot \rho \cdot f_f \cdot f_p \cdot f_m}{10^6} \quad \dots (64)$$

Potencia debido al desplazamiento inclinado del material ( $HP_h$ )

$$HP_h = \frac{C_E \cdot H}{272} \quad \dots (65)$$

Para tornillos inclinados, la capacidad disminuye 2% por cada grado

Potencia total para transporte de material ( $HP_t$ )

$$Motor HP_t = \frac{(HP_f + HP_m + HP_h) \cdot F_o}{e} \quad \dots (66)$$

En el cuadro N° 4.19 se indica las tablas referenciales para los valores de los símbolos de la nomenclatura utilizadas en las expresiones (63), (64), (65), y (66)

Cuadro N° 4.19  
Símbolos de nomenclatura para el cálculo de TH de cemento

$N$	Numero de rpm	-----
$f_b$	Hanger bearing factor	Tabla 14
$f_d$	Factor de diámetro	Tabla 15
$C_E$	Capacidad equivalente	-----
$\rho$	Densidad -Clase	Anexo4.1
$f_f$	Factor de fricción	Tabla 16
$f_p$	Paddle factor	Tabla 17
$f_m$	Factor de material	Anexo4.1
$f_o$	Factor de sobrecarga	Anexo1.2
$K$	Factor de inclinación	Tabla 18

Cuadro N° 4.20

Coefficiente debido a Hanger Bearing Factor,  $F_b$  según grupo de material

Component Group	Bearing Type	$F_b$
Group A	Ball	1.0
Group B	Babbitt Bronze *Graphite bronze *Canvas base phenolic *Oil impregnated bronze *Oil impregnated wood	1.7
Group C	*Plastic *Nylon *Teflon	2.0
Group D	*Chilled hard iron *Hardened alloy sleeve	4.4

\*Nonlubricated bearings or bearings not additionally lubricated.

Cuadro N° 4.21

Coefficiente debido al factor del diámetro del transportador  
(Screw Diameter Factor,  $F_d$ )

Screw Diameter Inches	$F_d$	Screw Diameter Inches	$F_d$
4	12.0	14	78.0
6	18.0	16	106.0
9	31.0	18	135.0
10	37.0	20	165.0
12	55.0	24	235.0

Cuadro N° 4.22

Coeficiente debido a Flight Factor,  $F_f$ 

Type of Flight	Conveyor Loading			
	15%	30%	45%	95%
Standard	1.0	1.0	1.0	1.0
Cut Flight	1.10	1.15	1.20	1.3
Cut & Folded Flight	N. R.*	1.50	1.70	2.20
Ribbon Flight	1.05	1.14	1.20	

\*Not recommended.

Cuadro N° 4.23

Coeficiente debido a Special Conveyor Mixing Paddle Capacity  $F_p$ 

Standard Paddles at 45° Reverse Pitch	Paddles Per Pitch				
	None	1	2	3	4
Factor $F_p$	1	1.08	1.16	1.24	1.32

a) Cálculo de Numero de rpm

Se utiliza la siguiente expresión:

$$N = \frac{Q_{req}}{K_n} \quad \dots (67)$$

$Q_{req}$	Capacidad real requerida $ft^3/hr$	Anexo 4.2
$K_n$	Rpm for Cubic Feet per Hour	Anexo 4.3

Reemplazando valores en la expresión (67)

$$N = \frac{1400}{5,45} = 257 \text{ rpm}$$

$Q_{req}$	1400
$K_n$	5,45



b) Cálculo de capacidad equivalente ( $C_E$ )

Se utiliza la siguiente expresión:

$$C_E = \frac{Q_{req}}{K} \quad \dots (68)$$

Cuadro N°4.24

Coefficientes de inclinación recomendados K para determinar el flujo de material

Inclinación de Transportador	0°	5°	10°	15°	20°
K	1	0.9	0.8	0.7	0.6

Reemplazando valores en la expresiones (31)

$$C_E = 2000$$

$Q_{req}$	1400
$K_n$	0,7

Reemplazando en la expresion (63) se obtiene el siguiente valor:

$$HP_f = \frac{23 \cdot (257) \cdot 31 \cdot (1,1)}{10^6}$$

$$HP_f = 0,2$$

Reemplazando en la expresion (64) se obtiene el siguiente valor:

$$HP_m = \frac{2000 \cdot (23) \cdot 94 \cdot (1) \cdot 1 \cdot (1,4)}{10^6}$$

$$HP_m = 6,05$$

Reemplazando en la expresion (65) se obtiene el siguiente valor:

$$HP_h = \frac{2000 \cdot 1,8}{272}$$

$$HP_m = 13,24$$

Reemplazando (63),(64) y (65) en la expresion (66) se obtiene el siguiente valor:

$$\text{Motor HP} = \frac{(0,2 + 6,05 + 13,24) \cdot 1,15}{0,85} = 26,37 \text{ HP}$$

## **CAPÍTULO 5**

### **CÁLCULO Y SELECCIÓN DEL SISTEMA MOTRIZ DE LA FAJA TRANSPORTADORA**

La selección adecuada del sistema motriz de la faja transportadora se verifica con el cálculo del eje del tambor motriz y la selección del reductor, esto garantiza el factor de confiabilidad de la planta reduciendo las pérdidas en la producción causadas por paradas imprevistas.

El diseño de la planta se basa en la instalación y lugar de la obra civil, estando a condiciones ambientales adversas, la estructura de los silos de almacenamiento deberá estar diseñada para soportar las condiciones extremas de nuestro territorio

#### **5.1. CÁLCULO DE EJE DE TAMBOR PROPULSOR DE LA FAJA INCLINADA**

El ASME recomienda realizar el cálculo del diámetro mínimo mediante la siguiente expresión:

$$d^3 = \frac{16}{\pi \cdot S_d} \cdot \sqrt{K_m \cdot M + (K_t \cdot T)^2} \dots (69)$$

Se deberá determinar los esfuerzos y reacciones a que está sujeto el eje del tambor propulsor, en la figura N° 5.1, se detalla el diagrama de fuerzas que soporta en el eje.

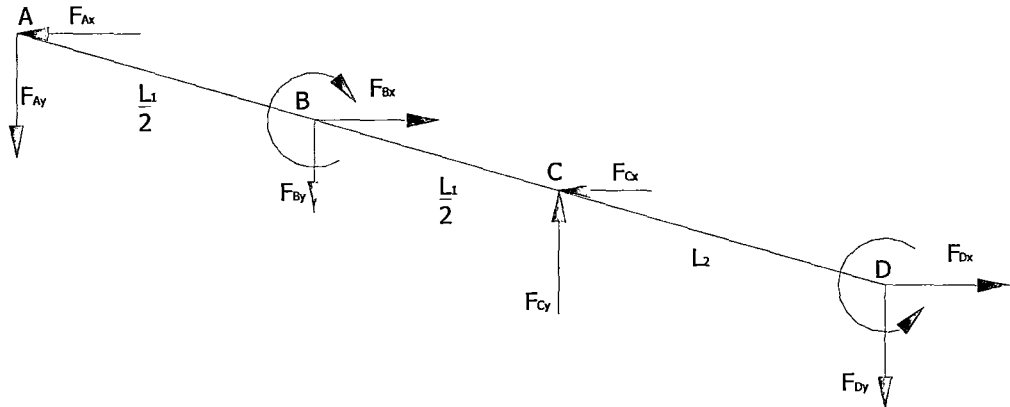


Figura N° 5.1  
Diagrama de fuerzas del eje del tambor propulsor de faja de descarga

### 5.1.1 Cálculo de reacciones en D

a) Cálculo de número de Torque (T)

Se utiliza la siguiente expresión:

$$T = \frac{716200 \cdot P_t}{n} \text{ kg. mm} \quad \dots (70)$$

$P_t$	Potencia en el tambor propulsor
$n$	Número de rpm

a.1) Cálculo de número de revoluciones (n)

$$V = w \cdot r \rightarrow w = \frac{0,865}{0,1778} \cdot 9,55 = 46,5 \text{ rpm}$$

Reemplazando valores en la expresión (70) se obtiene el siguiente valor:

$$T = 59,14 \cdot 10^3 \text{ kg. mm}$$

$P_t$	3,84 hp
$n$	46,5 rpm

b) Cálculo de esfuerzo ( $F_{DX}$ )

Se utiliza la siguiente expresión:

$$F_{Dx} = \frac{T}{\emptyset} \dots (71)$$

$T$	Torque
$\emptyset$	Diámetro de polea

Reemplazando valores en la expresión (71), se obtiene el siguiente valor:

$$T = 582,13 \text{ kg} \cdot \text{mm}$$

$T$	$59,1 \cdot 10^3$
$\emptyset$	8"

### 5.1.2 Cálculo de reacciones en B

a) Cálculo de número de Torque (T)

$$T = (P) \cdot \frac{\emptyset}{2}$$

$P$	Fuerza de propulsor
$\emptyset$	Diámetro de polea

Reemplazando valores en la expresión (72) se obtiene el siguiente valor:

$$T = 59,26 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{mm}$$

$P$	333,3
$\emptyset$	355,6

b) Cálculo de esfuerzo ( $F_{BX}$ )

$$F_{Bx} = T_1 + T_2 \cdot \cos 5^\circ = 798,4 \text{ kg}$$

c) Cálculo de esfuerzo ( $F_{BY}$ )

$$F_{By} = W_{Polea} - T_2 \cdot \sin 5^\circ = 29,7 \text{ kg}$$

Resumen de los esfuerzos en B y C:

$$\begin{aligned} L_1 &= 1117 \text{ mm} & L_2 &= 254 \text{ mm} \\ F_{Bx} &= 798,4 \text{ kg} & F_{Dx} &= 582,1 \text{ kg} \\ F_{By} &= 29,69 \text{ kg} & F_{Dy} &= 20,00 \text{ kg} \end{aligned}$$

### 5.1.3 Cálculo de reacciones en A y C

$$F_{Ay} - F_{By} + F_{Cy} - F_{Dy} = 0 \quad \dots(73)$$

$$F_{By} \cdot \frac{L_1}{2} - F_{Cy} \cdot L_1 + F_{Dy} \cdot (L_1 + L_2) = 0 \quad \dots(74)$$

$$F_{Ax} - F_{Bx} + F_{Cx} - F_{Dx} = 0 \quad \dots(75)$$

$$F_x \cdot \frac{L_1}{2} - F_{Cx} \cdot L_1 + F_{Dx} \cdot (L_1 + L_2) = 0 \quad \dots(76)$$

Reemplazando los valores en las expresiones (73), (74), (75) y (76)

hallados los siguientes valores:

$$F_{Ax} = 282,7 \text{ kg} \quad F_{Cx} = 1097,7 \text{ kg}$$

$$F_{Ay} = 10,84 \text{ kg} \quad F_{Cy} = 38,84 \text{ kg}$$

### 5.1.4 Cálculo de momentos

$$M_{Ay} = F_{Dy} = 0 \quad \dots(77)$$

$$M_{By} = F_{Ay} \cdot \frac{L_1}{2} \quad \dots(78)$$

$$M_{Cy} = F_{Ay} \cdot L_1 - F_{By} \cdot \frac{L_1}{2} \quad \dots(79)$$

$$M_{Ax} = F_{Dx} = 0 \quad \dots(80)$$

$$M_{Bx} = F_{Ax} \cdot \frac{L_1}{2} \quad \dots(81)$$

$$M_{Cx} = F_{Ax} \cdot L_1 - F_{Bx} \cdot \frac{L_1}{2} \quad \dots(82)$$

Reemplazando los valores en las expresiones (77), (78), (79), (80), (81) y

(82) hallados los siguientes valores:

$$M_{Bx} = 157,9 \cdot 10^3 \text{ kg. mm}$$

$$M_{Cx} = 130,2 \cdot 10^3 \text{ kg. mm}$$

$$M_{By} = 6,057 \cdot 10^3 \text{ kg. mm}$$

$$M_{Cy} = 9,589 \cdot 10^3 \text{ kg. mm}$$

El punto B es punto crítico

$$M_{CR} = 158 \cdot 10^3 \text{ kg. mm}$$

$$T = 59,14 \cdot 10^3 \text{ kg. mm}$$

$$d^3 = \frac{16}{\pi \cdot S_d} \cdot \sqrt{(1,5) \cdot 158 \cdot 10^3 + (2)^2 (59,14 \cdot 10^3)^2}$$

$$d_{min} = 52 \text{ mm} \approx 2"$$

Lista de polines de la faja transportadora:

Polín	Motriz	Deflectora	Carga	Retorno
Cantidad	1	1	9 x 3	4
Largo cilindro	34"	34"	12 1/4"	35 "
Largo total	44"	44"	15"	39"
Diam. Cilindro	14"	13"	3 1/2"	4 1/4"
Diam. del eje	2"	1 3/4"	3/4"	3/4"

## 5.2 CÁLCULO DE EJE DE TAMBOR PROPULSOR DE LA FAJA HORIZONTAL

Para el cálculo se utilizará la expresión (69)

Se deberá determinar los esfuerzos y reacciones a que está sujeto el eje del tambor propulsor, en la figura 5.2, se detalla el diagrama de fuerzas que soporta en el eje:

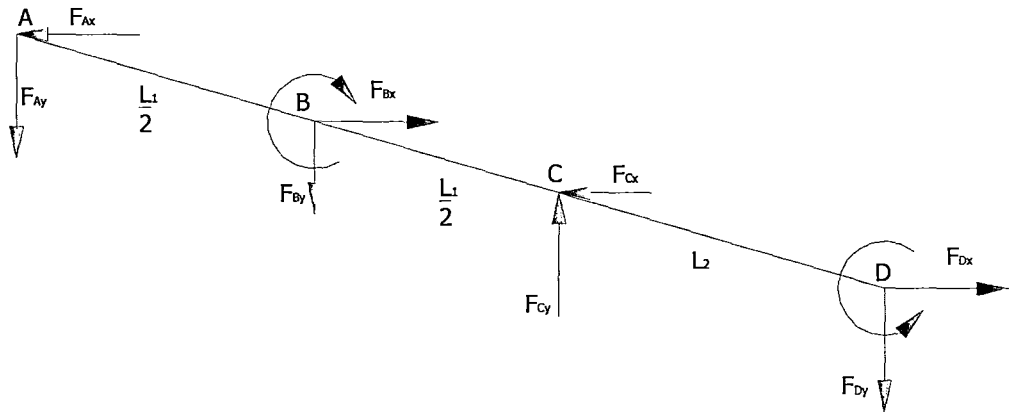


Figura N° 5.2

Diagrama de fuerzas del eje del tambor propulsor de faja de descarga

### 5.2.1 Cálculo de reacciones en D

- a) Cálculo de número de Torque (T)

Para el cálculo se utilizará la expresión (70)

- a.1) Cálculo de número de revoluciones (n)

$$V = w \cdot r \rightarrow w = \frac{0,787}{0,1778} \cdot 9,55 = 42,27 \text{ rpm}$$

Reemplazando valores en la expresión (70) se obtiene el siguiente valor:

$$T = 23,7 \cdot 10^3 \text{ kg. mm}$$

Pot	1,4 hp
n	42,3 rpm

- b) Cálculo de esfuerzo ( $F_{DX}$ )

Para el cálculo se utilizará la expresión (71), reemplazando valores en la expresión:

$$F_{DX} = 310,8 \text{ kg. mm}$$

T	$23,7 \cdot 10^3$
$\emptyset$	6"



### 5.2.2 Cálculo de reacciones en B

Para el cálculo se utilizará la expresión (72), reemplazando valores en la expresión:

$$T = 23,1 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{mm}$$

$P$	130,2
$\emptyset$	355,6

a) Cálculo de esfuerzo ( $F_{BX}$ )

$$P = T_1 - T_2$$

$$F_{Bx} = T_1 + T_2 \cdot \cos 5^\circ = 499,3 \text{ kg}$$

b) Cálculo de esfuerzo ( $F_{BY}$ )

$$F_{By} = W_{\text{polea}} - T_2 \cdot \sin 5^\circ = 33,8 \text{ kg}$$

Resumen de los esfuerzos en B y C:

$$L_1 = 1117 \text{ mm} \quad L_2 = 254 \text{ mm}$$

$$F_{Bx} = 499,3 \text{ kg} \quad F_{Dx} = 332,6 \text{ kg}$$

$$F_{By} = 33,8 \text{ kg} \quad F_{Dy} = 16,00 \text{ kg}$$

### 5.2.3 Cálculo de reacciones en A y C

Reemplazando los valores en las expresiones (73), (74), (75) y (76)

hallados los siguientes valores:

$$F_{Ax} = 179 \text{ kg} \quad F_{Cx} = 631,1 \text{ kg}$$

$$F_{Ay} = 13,3 \text{ kg} \quad F_{Cy} = 36,5 \text{ kg}$$

### 5.2.4 Cálculo de momentos:

Reemplazando los valores en las expresiones (77), (78), (79), (80), (81) y

(82) hallados los siguientes valores:

$$M_{Bx} = 100,02 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{mm}$$

$$M_{Cx} = 78,9 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{mm}$$

$$M_{By} = 7,43 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{mm}$$

$$M_{Cy} = 4,02 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{mm}$$

El punto B es punto crítico

$$M_{CR} = 100,3 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{mm}$$

$$T = 23,1 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{mm}$$

$$d^3 = \frac{16}{\pi \cdot S_d} \cdot \sqrt{(1,5) \cdot 100,3 \cdot 10^3 + (2)^2 (23,1 \cdot 10^3)^2}$$

$$d_{min} = 45 \text{ m}$$

De acuerdo a la tabla seleccionamos un tambor

Polín	Motriz	Deflectora	Carga	Retorno
Cantidad	1	1	9 x 3	4
Largo cilindro	34"	34"	12 1/4"	35"
Largo total	44"	44"	15"	39"
Diam. Cilindro	14"	13"	3 1/2"	4 1/4"
Diam. del eje	2"	1 3/4"	3/4"	3/4"

### 5.3 CÁLCULO DE BASE ESTRUCTURAL DEL SILO DE ALMACENAMIENTO DE CEMENTO.

Las cargas consideradas que soportara la base son las siguientes:

a) Esfuerzo por carga debido a la carga ( $W_m$ ) :

$W_{cemt.}$	Peso de cemento
$W_{estruc.}$	Peso de estructura

$$W_m = W_{cemt.} + W_{estruc.} \quad \dots(83)$$

a.1) Cálculo de carga debido al cemento ( $W_{cemt.}$ )

$$W_{cemt.} = \rho_{cemento} \cdot V_{cemento} \quad \dots(84)$$

a.2) Cálculo de carga debido a la estructura ( $W_{estruc.}$ )

$\rho_{cemt}$	1500	$Kg/m^3$
$\rho_{acer}$	7850	$Kg/m^3$
D	3,0	Metros
d	8,0	Pulgadas
$g_e$	2,04	Metros
$h_2$	4,0	Metros
e	$\frac{1}{8}$	Pulgadas

$$W_{estruc.} = \rho_{acero} \cdot V_{acero} \quad \dots(85)$$

$$V_{acero} = A_t \cdot e \quad \dots(86)$$

$$V_{acero} = [(d + D) \cdot g_e + D \cdot \pi \cdot h_2] \cdot e \dots(87)$$

Reemplazando los valores en las expresiones (87), (84), (85) y (83) hallados los siguientes valores:

$$V_{acero} = 1,52 m^3$$

$$W_{cemt.} = 78750 Kg$$

$$W_{estruc.} = 11954 Kg$$

$$W_m = 90704,5 Kg$$

b) Esfuerzo por carga debido a la nieve ( $W_{nieve}$ )

De acuerdo al reglamento de edificaciones se considera un mínimo de  $40 \frac{Kgf}{m^2}$  y según la norma AISC valores deben estar en el siguiente rango:  $(24 - 390) \frac{Kgf}{m^2}$ , la expresión que se utiliza es la siguiente:

$$W_{nieve} = \rho \cdot A_{sup.} \quad \dots(88)$$

En la región de cerro de Pasco se tiene registrado un valor promedio de carga de nieve de  $:150 \frac{Kgf}{m^2}$ . Reemplazando los valores en las expresiones (88) se obtiene el siguiente valor:

$$W_{nieve} = 150 \cdot \frac{\pi \cdot 3^2}{4}$$

$$W_{nieve} = 1060 Kg$$

c) Esfuerzo por carga debido al viento ( $W_{viento}$ )

De acuerdo al Reglamento de edificaciones del Perú considera para tanques y silo  $C_s: 0,7$  en barlovento, la velocidad de diseño hasta 10 metros de altura se considera la velocidad máxima adecuada de la zona (ver Anexo.5)

$$W_{viento} = 0,005 \cdot C_s \cdot V^2 \cdot A_{pr.} \quad \dots(89)$$

$$A_{pr.} = D \cdot h_2 + \frac{d \cdot h_1}{3} \quad \dots(90)$$

Reemplazando los valores en las expresiones (89) y (90) hallados los siguientes valores:

$$A_{pr.} = D \cdot h_2 + \frac{d \cdot h_1}{3} = 13.35 \text{ m}^3$$

$$W_{viento} = 673 \text{ Kgf}$$

Cuadro N° 5.1

Factor de amplificación de suelo

DESCRIPCION	TIPO	Tp (S)	S
Rocas y suelos rígidos	S <sub>1</sub>	0,4	1,0
Suelos intermedios	S <sub>2</sub>	0,6	1,2
Suelos flexibles o estratos de gran espesor	S <sub>3</sub>	0,9	1,4
Condiciones excepcionales	S	*	*

d) Esfuerzo por carga sísmica ( $V$ )

Según la norma RNC y la NTE E.030

<b>Z</b>	0,3	Factor de la zona (Anexo 6)
<b>U</b>	1,5	Uso de importancia
<b>S</b>	1,2	Factor de amplificación de suelo
<b>C</b>	0,05	Factor de amplificación sísmica
<b>R</b>	1,0	Coef. reducción de fuerza sísmica

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot S \cdot C}{R} \cdot W_{soport} \quad \dots (91)$$

Reemplazando valores en la expresión (91) se obtiene el siguiente valor:

$$V = 962,4 \text{ Kg}$$

La fuerza total que soporta la base de la estructura esta dado por la siguiente expresión:

$$F_{Total} = W_m + W_{nieve} + W_{viento} + V$$

$$F_{Total} = 93399 \text{ Kg}$$

Para una base soportada por cuatro vigas cada una debe soportar una carga:

$$\frac{F_{Total}}{4} = 23349 \text{ kg}$$

Seleccionamos el perfil y estructura, el cual se debe verificar si cumple la condición anterior:

Datos de perfil W6x25

<b>K</b>	1,0	Factor
<b>r</b>	0,96	In
<b>A</b>	7,33	in <sup>2</sup>
<b>L</b>	3,5	Metros
<b>E</b>	29.10 <sup>6</sup>	Kg/m <sup>3</sup>

Para el cálculo de Fuerza que puede soportar el perfil se utiliza la siguiente expresión de la norma AISC:

$$F = \frac{12 \cdot \pi^2 \cdot E}{23 \cdot (K \cdot L/r)^2} \cdot A$$

$K \cdot L/r:$	FS:
0	1,6
$C_c$	23/12

Reemplazando valores en la expresión (41):

$$F = 24328Kg$$

Verificando que el valor hallado es mayor a la condición anterior podemos emplear el perfil seleccionado W6x25

#### 5.4. SISTEMA NEUMÁTICO DE BALANZA DE AGREGADOS

- a) Calculamos la fuerza del émbolo durante la extracción del émbolo con la siguiente expresión:

$$F_C = C_s \cdot \mu \cdot \frac{P_m}{\eta_1} \quad \dots (93)$$

$C_s$	2,0	Coef. seguridad
$\mu$	0,15	Coef. Fricción agrega
$P_m$	---	Peso sobre compuerta
$\eta_1$	0,95	Eficiencia

Cálculo de la fuerza sobre la compuerta ( $P_m$ )

$$P = \rho \cdot H \cdot (L_1) \cdot (L_2) \quad \dots (94)$$

$\rho$	1840
m	0,4
n	0,9
H	1,5

$$P = 993,6 Kg$$

Reemplazando valores en la expresión (94) se obtiene el siguiente valor:

$$F_c = 2.0,15 \cdot \frac{993,6}{0,95} = 304,16 \text{ Kgf}$$

b) Cálculo del diámetro del embolo

$$F_c \cdot \eta_2 = P_{bar} \cdot \left( \frac{\pi \cdot D^2}{4} \right) \quad \dots (95)$$

$P_{bar}$	6,0	Presión de trabajo
$F_c$	304,16	F real del sistema
$\eta_2$	0,95	Eficiencia de pistón

Reemplazando valores en la expresión (95) se obtiene el siguiente valor:

$$D: 82,5 \text{ mm}$$

Utilizamos el catálogo de la prestigiosa empresa alemana Bosch - Rexroth que fabrica productos robustos que nos garantiza la confiabilidad de los equipos.

Características del pistón seleccionado:

- Serie PRA
- De efecto doble
- Embolo magnético
- Amortiguación: regulable neumáticamente
- Vástago: rosca exterior

<b>Pistón Neumático</b>	
Cantidad	: 2
Modelo	: 0822125008
Carrera	: 250 mm
Diam. embolo	: 100 mm.
Conexión	: 1/2"

Se necesitara un sistema para mantener una línea seca y con un purgador automático; se recomienda que la compresora de planta deberá tener un purgador con un sistema LRF

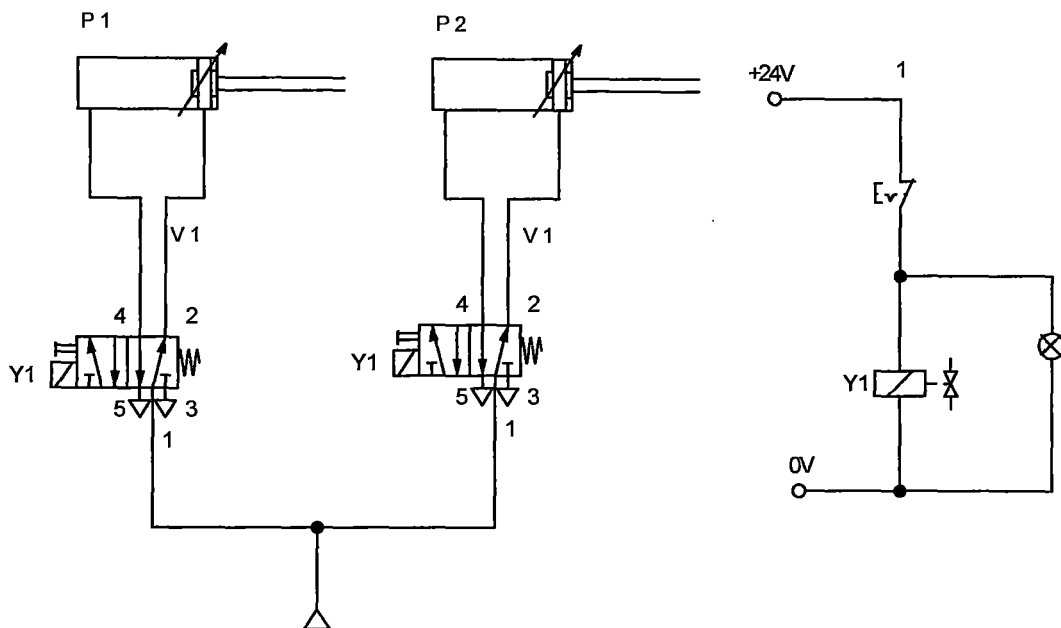


Figura N° 5.3.

Esquema neumático de compuerta de la Balanza de Agregados

Cuadro N° 5.2, se presenta la lista de partes de esquema de compuerta de la balanza de agregados.

Cuadro.5.2  
Lista de partes sistema neumático y Compuerta de Balanza de agregados

Marca	Denominación del componente
	Fuente de aire comprimido
	Fuente de tensión (24 V )
	Indicador luminoso
	Interruptor
	Válvula de 5/2 vías
P1,P2	Cilindro de doble efecto
TY1	Solenoides de válvula



## 5.5 SISTEMA NEUMÁTICO DE BALANZA DE CEMENTO

En el mercado industrial se ofrece compuertas de válvula mariposa por accionamiento hidráulico o neumático, para la planta se utilizará una válvula mariposa de 8" de diámetro, calculamos la fuerza durante la extracción del émbolo.

- a) Calculamos el fuerza del embolo durante la extracción del embolo con la siguiente expresión (93)

Cálculo de la fuerza sobre la compuerta ( $P_m$ ):

$$P = \frac{1}{4} \pi \cdot \rho \cdot H \cdot d^2 \quad \dots (96)$$

$\rho$	1500
$m$	8,0
$H$	1,5

$$P = 60,8 \text{ Kgf}$$

Reemplazando valores en la expresión (96) se obtiene el siguiente valor:

$$F_c = 2.0,35 \cdot \frac{60,8}{0,95} = 44,8 \text{ Kgf}$$

$C_s$	2,0
$\mu$	035
$\eta_1$	0,95

- b) Cálculo del diámetro del embolo con la siguiente expresión (95)

Reemplazando valores en la expresión (95) se obtiene el siguiente valor:

$$44,8 \cdot 0,95 = 6 \text{ bar} \cdot \left( \frac{\pi \cdot D^2}{4} \right) \rightarrow D: 30 \text{ mm}$$

$P_{bar}$	6,0
$F_c$	44,8
$\eta_2$	0,95

Utilizamos el catálogo de la prestigiosa empresa alemana Bosch-Rexroth que fabrica productos robustos que nos garantiza la confiabilidad de los equipos.

Características del pistón seleccionado:

- Serie PRA
- De efecto doble
- Embolo magnético
- Amortiguación: regulable neumáticamente
- Vástago
- Vástago: rosca exterior

Pistón Neumático	
Cantidad	: 2
Modelo	:0822120002
Carrera	: 50 mm
Diam. embolo	: 32 mm.
Conexión	: 1/2"

Se necesitara un sistema para mantener una línea seca y con un purgador automático; la compresora de planta deberá tener un purgador con un sistema LRF.

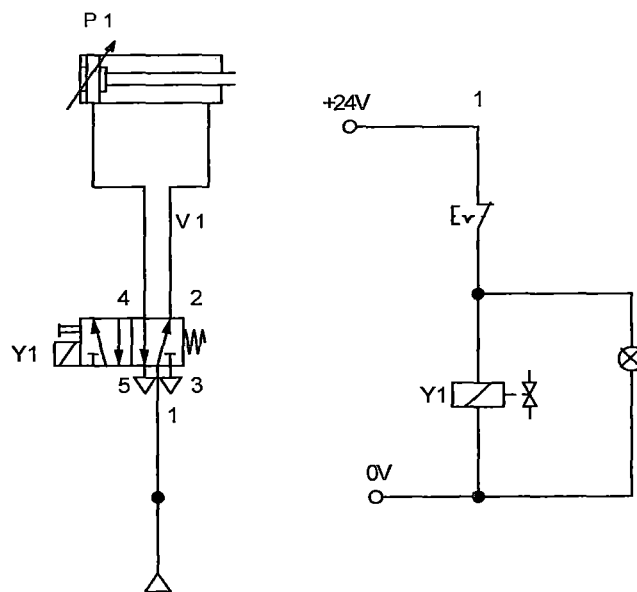


Figura 5.4

Esquema neumático de compuerta de Balanza de Cemento

Cuadro N° 5.3, se presenta la lista de partes de esquema de compuerta de la balanza de cemento.

Marca	Denominación del componente
	Fuente de aire comprimido
	Fuente de tensión (24 V )
	Indicador luminoso
	Interruptor
	Válvula de 5/2 vías
P1	Cilindro de doble efecto
TY1	Solenoide de válvula

Cuadro N° 5.3

Lista de partes sistema neumático y Compuerta de Balanza de agregados

### 5.6. SELECCIÓN DE REDUCTOR DE FAJA TRANSPORTADORA DE DESCARGA

El cálculo anterior realizado se baso en un sistema de motor eléctrico con un reductor y polea, siendo la combinación de menor costo de inversión. La marca SEW es de mayor rentabilidad en el mercado, otra opción es la utilización de sistema motor y reductor independiente, siendo recomendable la marca Dodge.

#### TXT3A - DOUBLE REDUCTION STRAIGHT BORE

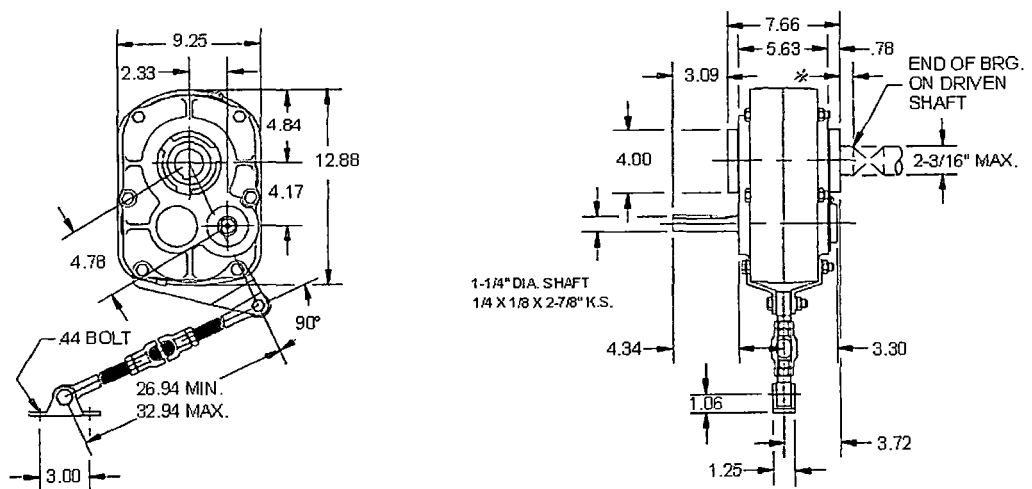


Figura N° 5.5  
Reductor Dodge modelo TXT3A

Cuadro N° 5.4, Selección de reductor con motor de 7 ½ HP de acuerdo al rango de salida

HP	Output RPM	Reducer Selection	
		Single	Double
7-1/2	4-6		TXT825
	7-9		TXT725
	10-15		TXT625
	16-26		TXT525B
	27-40		TXT425A
	41-70		TXT325A
	71-74		TXT315A
	75-85		TXT215
	86-95		TXT215
	96-140	TXT205	TXT209
	141 -200	TXT205	TXT209
	201-231	TXT205	
	232-400	TXT105	

Cuadro N° 5.4  
Rango de salidas para reductor con motor eléctrico de 7 ½ HP

#### Reductor

Marca	:Dodge
Modelo	:TXT 315
Reducción	: 01:14
Diam. eje	: 2"
Out rpm	: 41-70
Polea	: 8"

En la figura N° 5.5, muestra el diagrama eléctrico del accionamiento del motor, las marca recomendables son Siemens y Schneider (menor costo y de rápida adquisición)

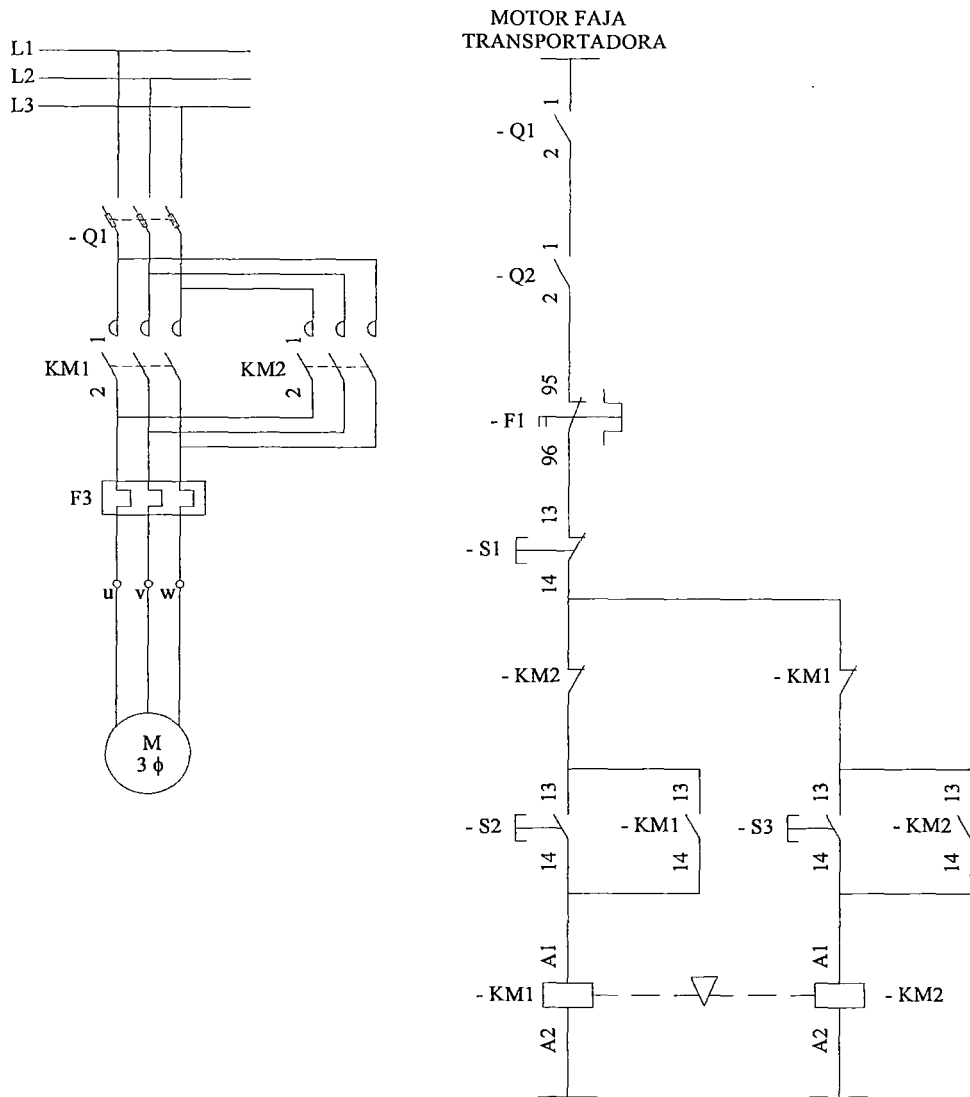


Figura 5.5.

Diagrama de fuerza del arranque del motor eléctrico

### 5.7 SELECCIÓN DE REDUCTOR DE FAJA TRANSPORTADORA DE LA BALANZA DE AGREGADOS

El cálculo realizado anterior se basó en un sistema de motor eléctrico con un reductor y polea, siendo la combinación de menor costo de inversión; la marca

SEW es de mayor rentabilidad del mercado, otra opción es la utilización de sistema motor y reductor independiente, siendo recomendable la marca Dodge.

En el cuadro N° 5.5 se puede ver la selección de reductor con motor de 5 HP, de acuerdo al rango de salida.

Cuadro N° 5.5

Rango de salidas para reductor con motor eléctrico de 5 HP

HP	Output RPM	Reducer Selection	
		Single	Double
5	5-6		TXT725
	7-9		TXT625
	10-17		TXT525B
	18-26		TXT425A    TXT415A
	27-46		TXT325A    TXT315A
	47-70		TXT225A    TXT215A
	71-85		TXT215    TXT225
	86-92		TXT109    TXT215
	93-115		TXT115    TXT109
	116-119		TXT109    TX1215
	120-140	TXT105	TXT109    TX1215
	141-200	TXT105	TXT109
	201-400	TXT105	

#### Motor Eléctrico

Marca	: Siemens/SEW
Modelo	: -----
Potencia	: 5 HP
Voltaje	: 220/380/440
Amperios	: 38/22/19
Velocidad	: 1755 rpm
Diam. eje	: 1 1/2"
Polea	: 6"

En la figura N° 5.6, muestra el diagrama eléctrico del accionamiento del motor, las marca recomendables son Siemens y Schneider (menor costo y de rápida adquisición)

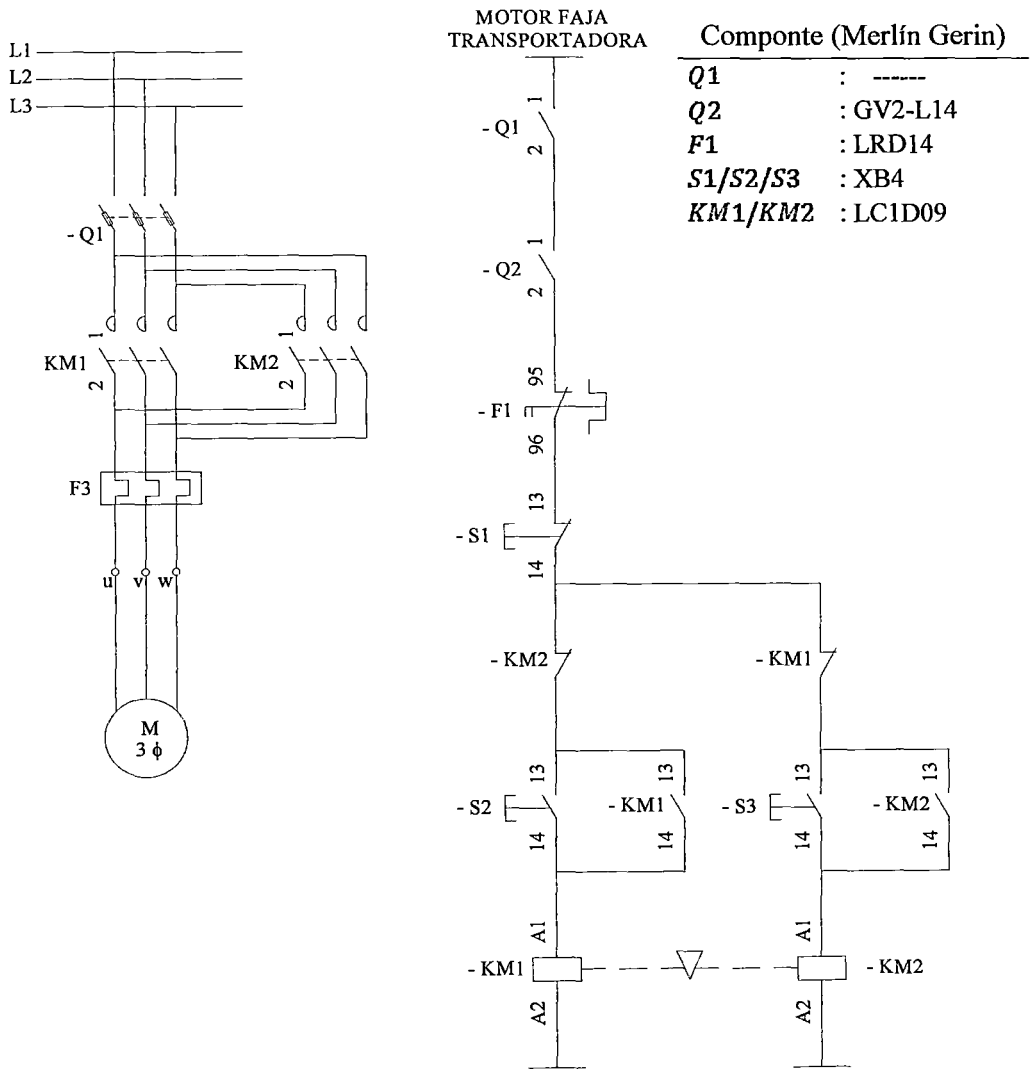


Figura N° 5.6

Diagrama de fuerza del arranque del motor eléctrico

## 5.8 ACCESORIOS DE BALANZA DE AGREGADOS

Durante el pesaje de los agregados en la tolva de la balanza de agregados debe evitarse la contaminación, término que se utiliza a la mezcla de arena y piedra, para evitar esto se utiliza vibrador instalado en la base de la tolva.

En el mercado industrial se ofrece vibradores por accionamiento hidráulico o neumático para la planta se utilizara un vibrador eléctrico con las siguientes características:

Coefficiente de rozamiento de agregados ( $\mu$ :0,15)

Potencia mayor de 370 W

Vibrador	Eléctrico
Velocidad	:1750 RPM
Voltaje	:220/380/440
Amperaje	:2.5/1.4/1.25
Potencia	: 370 w

El control del peso de las balanzas se realiza mediante celdas de carga verticales que son instaladas mediante unas horquillas acondicionadas para la calibración de acuerdo, en el mercado industrial se encuentra diferentes marcas que incluyen el software para el monitoreo en la cabina del operador mediante un display , a las recomendaciones de la marca.

$$m: \rho. V = 1840. (5,05)$$

$$m = 9290 \text{ Kg}$$

Celda de carga	Rice Like W. S.
Modelo	: RL20000A
Capacidad	: 20,000 lb



## CAPÍTULO 6

### PLAN DE EJECUCION DE MANTENIMIENTO DE PLANTA

#### 6.1 PLAN DE MANTENIMIENTO BÁSICO OPERACIONAL.

La realización del plan de mantenimiento anual se deberá realizar de acuerdo al análisis de incidencias que se tienen en el historial de la planta retroalimentadas con los reportes del operador, deberá incluir los índices financieros, la realización OE de los equipos de la planta y la preparación del stock mínimo necesario para la disponibilidad de la planta se debe usar todas las técnicas e instrumentos que disminuye los periodos de mantenimientos. En la pag.98 se plantea los planes rutinarios de planta móvil dosificadora de concreto.

El cuadro N° 6.1, se presenta la lista de aceites lubricantes utilizados en la planta dosificadora móvil.

Cuadro N° 6.1. Lista de Aceites

		Aceite/grasa
Balanza de Agregados	Compuertas	Malleus GL 95
	L-R-F	Vitrea 32
Faja Transportadora	Reductor	Omala 320
	Chumacera	Alvania EP2
	Motor Eléctrico	Alvania RL3
Transportador Helicoidal	Rodamiento	Alvania EP2
	Motor Eléctrico	Alvania RL3

Las plantas dosificadoras de concreto se pueden subdividir en 5 secciones:

- Balanza de agregados.
- Faja de alimentación.
- Balanza de cemento.
- Faja de descarga.
- Sistema de autocontrol.

Cada uno de estas secciones poseen un sistema neumáticos y eléctricos que son pueden ser controladas de forma manual por un operador hasta ser controladas desde un entorno remoto mediante un UTR y un PLC. La planta móvil dosificadora de concreto que se trata en la tesis es con alimentación de agregados mediante un cargador frontal para descripción de planta estacionaria dosificadora de concreto, como se muestra en el Anexo.7.

#### 1. Balanza de Agregados

Se realiza el pesaje de la arena y de la piedra en forma secuencial y los procesos se controlan desde el tablero de autocontrol mediante el sistema de celda vertical para el control de peso y las compuertas accionadas mediante pistones neumáticos.

La estructura de la tolva sufre los efectos de la corrosión y la abrasión, siendo más vulnerables las compuertas de descarga de arena (figura N° 6.1) y la plancha

deflectora de sección triangular (ver figura N° 6.2) instalada en la parte inferior que dosifica la descarga de agregados a la faja de carga.

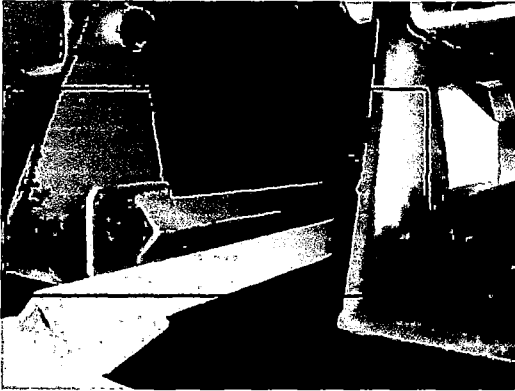


Figura N°.6.1 Compuerta para arena de balanza de agregados



Figura N° 6.2 Plancha deflectora de agregados de balanza de agregados

La compresora de planta que alimenta al sistema neumático de las compuertas será del tipo recíprocante figura N° 6.3, se necesita un lugar adecuado con la menor exposición posible a la polución, un purgador automático y seguir las recomendaciones del fabricante para el cambio de aceite y monitoreo del motor eléctrico.

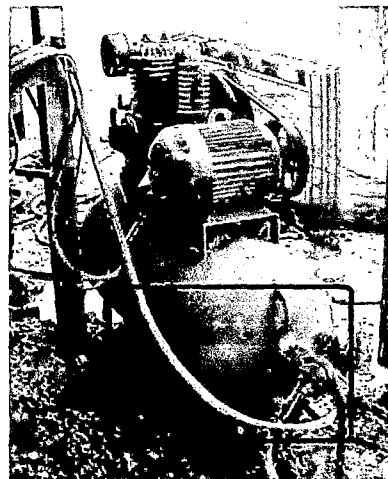


Figura N° 6.3  
Compresora del Sistema neumático

## 2. Faja de carga

Esta faja es la que se encarga de movilizar los agregados desde la balanza de agregados a la faja de descarga. Controlado mediante el sistema eléctrico del motor propulsor, desde el tablero del operador generalmente instalado en la parte delantera (ver figura N° 6.4). Los trabajos de mantenimiento para realizar el control de temperatura del motor eléctrico, el cambio periódico del aceite del reductor, el cambio de fajas se utilice tiempo adicional en cada procedimiento, (ver anexo.8 “Cálculos para faja transportadora con tambor propulsor posterior”).



Figura N°.6.4

Compuerta para arena y faja de carga

## 3. Balanza de cemento

El pesaje del cemento se realiza mediante las celdas verticales que transmiten la información al display instalado en la cabina del operador, el mantenimiento de esta sección consiste en la inspección del estado de los espárragos de las celdas verticales.

La alimentación de la balanza es mediante un transportador helicoidal desde un silo generalmente vertical, que se llena mediante un compresor, el mantenimiento es realizar las recomendaciones del fabricante para su adecuado uso y ubicación adecuada. En la base superior se instala un extractor de polvo para la descarga que son filtros tipo paneles o de mangas que se cambian de acuerdo al tiempo establecido a la producción.

#### 4. Faja de descarga

Transporta el agregado desde la salida de faja de carga y mediante el chute de descarga ingresa los agregados al camión mezclador. El sistema de accionamiento se realiza desde el tablero del operador en forma secuencial.

Las poleas de retorno sufren corrosión ver figura N° 6.5, debido a la arena residual que se acumula en la limpieza diaria del desgaste. En el chute de descarga ver figura 6.6, el agregado impacta sobre la plancha frontal a la faja deteriorándose rápidamente por esa razón deberá ser recubierta con una plancha de material clase T24.



Figura N° 6.5 Plancha de impacto del Chute de descarga



Figura N° 6.6.-Polines de retorno de la faja transportadora descarga

## 5. Sistema Autocontrol

Se requiere una revisión periódica de la calibración de las celdas de cargas, del medidor de aditivos y caudalímetro de la alimentación del agua, esta medición se realiza de acuerdo a la producción de la planta siguiendo las recomendaciones del fabricante del equipo.

PARTE:

BALANZA DE AGREGADOS

BALANZA DE CEMENTO

FRECUENCIA DE ATENCIÓN:

CADA			
168 Hrs.	360 Hrs.	720 Hrs.	

<b>SIST. NEUMATICO</b>					
Relleno de aceite en L-R-F	9000000-01	1			
Filtro de compresora de aire	9000000-02		1		
Líneas de sistema de aire			1		

<b>SIST. MECANICO</b>					
Engrases de espárragos	9000000-03		1		
Engrases de compuertas	9000000-03		1		
Limpieza de filtro de polvo				1	

<b>SIST. ELECTRICO</b>					
Conexiones del vibrador		1			
Cambio de contactores					
Inspección parada emergencia		1			

PARTE:

TRANSPORTADOR HELICOIDAL

FRECUENCIA DE ATENCIÓN:

		CADA			
		168 Hrs.	360 Hrs.	720 Hrs.	
<b>SIST. MECANICO</b>					
Engrase de chumacera	9000000-03	1			
Cambio aceite reductor	9000000-03				
Rodamiento motor eléctrico		1			

<b>SIST. ELECTRICO</b>					
Conexiones del motor		1			
Cambio de contactores					

PARTE:

FAJA DE AGREGADOS

FRECUENCIA DE ATENCIÓN:

		CADA			
		168 Hrs.	360 Hrs.	720 Hrs.	4320 Hrs.
<b>SIST. MECANICO</b>					
Engrase de chumaceras	9000000-03	1			
Cambio aceite reductor	9000000-03				
Rodamiento motor eléctrico		1			
Cambio de fajas de transmisión					1
Regular guardera de protección				1	
Limpieza de polines		1			
Inspección de faja de carga		1			
Inspección de templador faja		1			
Inspección de polea				1	

<b>SIST. ELECTRICO</b>					
Conexiones del motor		1			
Cambio de contactores					

PARTE:

SUMINISTRO DE AGUA

SUMINISTRO DE ADITIVO

FRECUENCIA DE ATENCIÓN:

CADA			
168 Hrs.	360 Hrs.	720 Hrs.	

<b>SIST. MECANICO</b>					
Engrase de chumacera	9000000-03	1			
Cambio aceite reductor	9000000-03				
Rodamiento motor eléctrico		1			

<b>SIST. ELECTRICO</b>					
Conexiones del motor		1			
Cambio de contactores					

DESCRIPCIONMARCA REFERENCIAL

9000000-01

Vítrea 22

0,1 litros

9000000-02

9000000-03

Maleus 98

El diagrama causa-efecto es primordial en la soluciones en el departamento de mantenimiento, razón por el cual desarrolle el diagrama de Ishikawa para una planta estacionaria dosificadora de concreto ver anexo.9



## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

1. El estudio de medios de transporte en la industria fue el punto de apoyo para la elaboración para los cálculos de la tesis en el análisis de bandas transportadoras, tipo de estructura para soportar la capacidad de transporte de los agregados y el orden lógico en las propuestas de diseño.
2. El diseño de las bandas transportadoras horizontal y inclinada se realizó según el procedimiento según las Norma europea DIN 22101 para cada uno de los cálculos de diseño que facilitó la obtención de los resultados.
3. La elaboración del producto (Hormigón) se encuentra preestablecida según uso en la norma NTP 339.213.2007, NTP 339.214.2007, NTP 339.215.2007, NTP 339.216.2007 que podemos utilizar en los estándares para la producción y certificación de nuestro producto.
4. En empleo del método de cálculo por elementos finitos implica la utilización de un software para la obtención de los resultados de deformación en la faja transportadora que reduce el tiempo de cálculo matemático.
5. Las estructuras de plantas móviles deberán ser fabricadas con las dimensiones máximas permitidas para su transporte según el Reglamento técnico sobre límites de peso y dimensiones de los vehículos destinados al transporte internacional de pasajeros y mercaderías para facilitar su traslado al lugar de obra sin la necesidad de tramitar permisos especiales.

6. La operatividad de los sistemas para funcionamiento de la planta son sostenibles mediante un plan de mantenimiento básico operacional que reduce los costos por concepto de mantenimiento de planta.
7. El diseño de los tipos bandas transportadoras como los sistemas de propulsión de cada una de ellas debe ser parte del syllabus académico por estar presente en toda la ramas de la industria de tal modo de tener ventaja competitiva frente a los demás egresados de las diversas universidades que imparten ingeniería mecánica en el Perú.

**BIBLIOGRAFIA**

1. Diseño y control de mezclas de concreto- Steven H. Kosmatka
2. Targheta Arriola ,López Transporté y almacenamiento de materias primas en la industria básica editorial Blume –España 2075 - 2229
3. Cálculos de Estructuras. Ing. Hori
4. Belt conveyer for Materials - CEMA Conveyor Equipment Manufactures Association 621.8675 C8
5. Manual de cálculo de fajas transportadoras editorial Blume
6. Silos Raweret Catalán 725.36/M 28
7. Transportador y elevadores Universidad de Zaragoza
8. Circuitos Básicos de neumática Carulla Miguel
9. Control Neumático Fernando Boix
10. Festo Neumático

# Anexo

---

**NORMA TÉCNICA  
PERUANA**

---

**NTP 400.012  
2001**

---

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI  
Calle de La Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145

---

Lima, Perú

## **AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global**

AGGREGATES. Standard test method for sieve analysis of fine, coarse and global aggregates

**2001-05-31  
2ª Edición**

R.0071-2001/INDECOPI-CRT.Pública el 2001-06-17

Precio basado en 14 páginas

I.C.S.: 91.100.30

**ESTA NORMA ES RECOMENDABLE**

Descriptores: Agregado, agregado grueso, agregado fino, serie, gradación, análisis por tamizado, análisis granulométrico

## ÍNDICE

	<b>página</b>
ÍNDICE	i
PREFACIO	ii
1. OBJETIVO	1
2. REFERENCIAS NORMATIVAS	1
3. CAMPO DE APLICACIÓN	2
4. DEFINICIONES	3
5. RESUMEN DEL MÉTODO	3
6. APARATOS	3
7. MUESTREO	4
8. PROCEDIMIENTO	6
9. CÁLCULO	9
10. REPORTE	10
11. PRECISIÓN Y DESVIACIÓN	10
12. ANTECEDENTES	11
ANEXO A	12
ANEXO B	13
ANEXO C	14

## PREFACIO

### A. RESEÑA HISTÓRICA

A.1 La presente Norma Técnica Peruana fue elaborada por el Comité Técnico de Normalización de Agregados, Hormigón (Concreto), Hormigón Armado y Hormigón Pretensado, mediante el Sistema 2 u Ordinario, durante los meses de Enero a Mayo del 2000, utilizó como antecedente a la ASTM C 136-96a.

A.2 El Comité Técnico de Normalización de Agregados, Hormigón (Concreto), Hormigón Armado y Hormigón Pretensado presentó a la Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales –CRT, con fecha 2000-12-18, el PNTP 400.012:2000, para su revisión y aprobación; siendo sometido a la etapa de Discusión Pública el 2001-03-29. No habiéndose presentado ninguna observación, fue oficializado como Norma Técnica Peruana NTP 400.012:2001 AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global, 2ª Edición, el 17 de junio del 2001.

A.3 Esta Norma Técnica Peruana reemplaza a la NTP 400.012:1976. La presente Norma Técnica Peruana presenta cambios editoriales referidos principalmente a terminología empleada propia del idioma español y ha sido estructurada de acuerdo a las Guías Peruanas GP 001:1995 y GP 002:1995.

### B. INSTITUCIONES QUE PARTICIPARON EN LA ELABORACIÓN DE LA NORMA TÉCNICA PERUANA

Secretaría	Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción - SENCICO
Presidente	Carlos Pérez
Secretaria	Vanna Guffanti
<b>ENTIDAD</b>	<b>REPRESENTANTE</b>
UNICON	ENRIQUE PASQUEL IRMA VARGAS

SIDERPERÚ S.A.A.	ARMANDO KUYENG MANUEL ESPINOZA
DURACRETO S.A	FRANCISCO GÓMEZ DE LA TORRE
ACEROS AREQUIPA S.A.	VICTOR GRANADOS
ETERNIT	MAURO QUEZADA DIEGO FERNANDEZ
QUÍMICA SUIZA S.A.	MILAN PEJNOVIC
CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.	ROSAURA VÁSQUEZ
COSAPI	JAVIER MARTÍN ARRANZ
MTCVC	JOSÉ DOMINGUEZ CÉSAR MANRIQUE
INFES	PEDRO MORALES
INADE	AUGUSTO PEHOVAZ
INVERMET	GUILLERMO VIVANCO
ASOCEM	MANUEL GONZALES DE LA COTERA
ARPL TECNOLOGÍA INDUSTRIAL S.A.	WILFREDO QUINTANA
CIP-CAPÍTULO DE CIVILES	ANA BIONDI CARLOS TAPIA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA	ANA TORRE RAFAEL CACHAY
UNIVERSIDAD RICARDO PALMA	GONZALO LUQUE
SENCICO	CARLOS PÉREZ VANNA GUFFANTI

---oooOooo---



## AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global

### 1. OBJETO

La presente Norma Técnica Peruana establece el método para la determinación de la distribución por tamaño de partículas del agregado fino, grueso y global por tamizado.

Los valores indicados en el SI deben ser considerados como estándares. La ASTM E-11 designa los tamices en pulgadas, para esta NTP, se designan en unidades SI exactamente equivalentes.

### 2. REFERENCIAS NORMATIVAS

Las siguientes normas contienen disposiciones que al ser citadas en este texto constituyen requisitos de esta Norma Técnica Peruana. Las ediciones indicadas estaban en vigencia en el momento de esta publicación. Como toda Norma está sujeta a revisión, se recomienda a aquellos que realicen acuerdos en base a ellas, que analicen la conveniencia de usar las ediciones recientes de las normas citadas seguidamente. El Organismo Peruano de Normalización posee la información de las Normas Técnicas Peruanas en vigencia en todo momento.

#### 2.1 Normas Técnicas Peruanas

- |       |                   |  |
|-------|-------------------|--|
| 2.1.1 | NTP 339.047: 1979 | HORMIGÓN (CONCRETO). Definiciones y terminología relativas al hormigón |
| 2.1.2 | NTP 350.001: 1970 | Tamices de ensayo  |
| 2.1.3 | NTP 400.010: 2000 | AGREGADOS. Extracción y preparación de las muestras                    |

- 2.1.4 NTP 400.011: 1976 AGREGADOS. Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y concretos.
- 2.1.5 NTP 400.018: 1977 AGREGADOS. Determinación del material que pasa el tamiz normalizado 75  $\mu\text{m}$  (No. 200).
- 2.1.6 NTP 400.037: 2000 AGREGADOS. Requisitos.

## 2.2 Normas Técnicas de Asociación

- 2.2.1 ASTM C 670: 1996 Standard Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials
- 2.2.2 ASTM C 702: 1998 Standard Practice for Reducing Field Samples of Aggregate to Testing Size
- 2.2.3 AASHTO T 27 Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates

## 3. CAMPO DE APLICACIÓN

3.1 Esta Norma Técnica se aplica para determinar la gradación de materiales propuestos para su uso como agregados o los que están siendo utilizados como tales. Los resultados serán utilizados para determinar el cumplimiento de la distribución del tamaño de partículas con los requisitos que exige la especificación técnica de la obra y proporcionar los datos necesarios para el control de la producción de agregados. Los datos también pueden ser utilizados para correlacionar el esponjamiento y el embalaje.

3.2 La determinación exacta del material más fino que la malla de 75  $\mu\text{m}$  (N° 200) no puede ser obtenida por esta NTP. Se utilizará la NTP 400.018.

## 4. DEFINICIONES

Para los términos utilizados en esta NTP, referirse a la NTP 400.011, NTP 339.037 y NTP 339.047.

## 5. RESUMEN DEL MÉTODO

Una muestra de agregado seco, de masa conocida, es separada a través de una serie de tamices que van progresivamente de una abertura mayor a una menor, para determinar la distribución del tamaño de las partículas.

## 6. APARATOS

**6.1 Balanzas:** Las balanzas utilizadas en el ensayo de agregado fino, grueso y global deberán tener la siguiente exactitud y aproximación:

6.1.1 Para agregado fino, con aproximación de 0,1 g y exacta a 0,1 g ó 0,1 % de la masa de la muestra, cualquiera que sea mayor, dentro del rango de uso.

6.1.2 Para agregado grueso o agregado global, con aproximación y exacta a 0,5 g ó 0,1 % de la masa de la muestra, cualquiera que sea mayor, dentro del rango de uso.

**6.2 Tamices:** Los tamices serán montados sobre armaduras construidas de tal manera que se prevea pérdida de material durante el tamizado. Los tamices cumplirán con la NTP 350.001.

NOTA 1: Es recomendable que los tamices montados en marcos mayores que los normalizados de 203,2 mm (8 pulg) de diámetro, se usen para ensayos del agregado grueso y del global; para reducir la posibilidad de sobrecarga de los tamices. Véase apartado 8.3

**6.3 Agitador Mecánico de Tamices:** Un agitador mecánico impartirá un movimiento vertical o movimiento lateral al tamiz, causando que las partículas tiendan a saltar y girar presentando así diferentes orientaciones a la superficie del tamizado. La

acción del tamizado será tal que el criterio para un adecuado tamizado descrito en el apartado 8.4 esté dentro de un periodo de tiempo razonable.

NOTA 2: El uso del agitador mecánico es recomendado cuando la cantidad de la muestra es de 20 kg o mayor y puede ser utilizado para muestras más pequeñas incluyendo el agregado fino. El tiempo excesivo (aproximadamente más de 10 min) para conseguir un adecuado tamizado puede resultar en degradación de la muestra. El mismo agitador mecánico puede no ser práctico para todos los tamaños de muestra; mientras que una gran área del tamiz necesaria para un tamizado práctico del agregado grueso o global de gran tamaño nominal, igualmente podría resultar en la pérdida de una porción de la muestra si se usa para una pequeña muestra de agregado grueso o agregado fino.

**6.4 Horno:** Un horno de medidas apropiadas capaz de mantener una temperatura uniforme de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .

## 7. MUESTREO

7.1 Tomar la muestra de agregado de acuerdo a la NTP 400.010. El tamaño de la muestra de campo deberá ser la cantidad indicada en la NTP 400.010 o cuatro veces la cantidad requerida en los apartados 7.4 y 7.5 (excepto con la modificación que se presenta en el apartado 7.6), la que sea mayor.

7.2. Mezclar completamente la muestra y reducirla a la cantidad necesaria para el ensayo utilizando los procedimientos descritos en la práctica normalizada ASTM C 702. La muestra para el ensayo será aproximadamente de la cantidad deseada cuando esté seca y deberá ser el resultado final de la reducción. No se permitirá la reducción a una cantidad exacta predeterminada.

NOTA 3: Cuando el ensayo propuesto sea el de análisis granulométrico, incluyendo la determinación del material más fino que la malla de  $75\ \mu\text{m}$  (No. 200), la muestra podrá ser reducida en el campo para evitar el envío de excesiva cantidad de material al laboratorio.

**7.3 Agregado fino:** La cantidad de la muestra de ensayo, luego del secado, será de 300 g mínimo.

**7.4 Agregado grueso:** La cantidad de muestra de ensayo de agregado grueso será conforme a lo indicado en la Tabla 1.

**Tabla 1 - Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso o global**

Tamaño Máximo Nominal Aberturas Cuadradas mm (pulg)	Cantidad de la Muestra de Ensayo, Mínimo kg (lb)
9,5 (3/8)	1 (2)
12,5 (1/2)	2 (4)
19,0 (3/4)	5 (11)
25,0 (1)	10 (22)
37,5 (1 ½)	15 (33)
50 (2)	20 (44)
63 (2 ½)	35 (77)
75 (3)	60 (130)
90 (3 ½)	100 (220)
100 (4)	150 (330)
125 (5)	300 (660)

**7.5 Agregado Global:** La cantidad de muestra de ensayo de agregado global será la misma que para la del agregado grueso. Véase apartado 7.4 y Tabla 1.

**7.6 Muestras de agregado grueso y agregado global de mayor tamaño:** La cantidad de muestra requerida para agregados con tamaños máximos nominales a 50 mm o mayores debe ser tal como para evitar la reducción de la muestra y ensayarla como una unidad; excepto con cuarteador y agitador mecánico de tamices de capacidad suficiente. Cuando no se disponga de estos equipos, en lugar de combinar y mezclar incrementos de muestra para luego reducirla a una muestra de ensayo, como una opción, se puede realizar el tamizado de aproximadamente igual número de incrementos de tal modo que el total de la masa ensayada cumpla con los requisitos del apartado 7.4.

**7.7** En el caso que la determinación de la cantidad de material más fino que la malla 75 µm (No. 200) sea realizada mediante el método descrito en la NTP 400.018, se procederá como sigue:

7.7.1 Para agregados con tamaño máximo nominal de 12,5 mm (1/2 pulgadas) o menores, utilizar la muestra de ensayo que se utiliza en la NTP 400.018 y este método. Primero ensayar la muestra de acuerdo con la NTP 400.018 completando la operación de secado final, luego tamizar la muestra en seco como se estipula en los apartados 8.2 hasta 8.7 de la presente NTP.

7.7.2 Para agregados con tamaño máximo nominal mayores a 12,5 mm (1/2 pulgadas) se puede utilizar una muestra de ensayo simple como se describe en el apartado 7.7.1 o se puede utilizar una muestra simple separada por el método de ensayo que describe la NTP 400.018.

7.7.3 Cuando la especificación requiera la determinación de la cantidad total de material más fino que la malla de 75  $\mu\text{m}$  (No. 200) por lavado y secado, utilizar el procedimiento descrito en el apartado 7.7.1.

## 8. PROCEDIMIENTO

8.1 Secar la muestra a peso constante a una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .

NOTA 4: Para ensayos de control, particularmente cuando se deseen resultados rápidos no es necesario secar el agregado grueso para el análisis granulométrico. Los resultados son ligeramente afectados por el contenido de humedad a menos que: (1) el tamaño máximo nominal es menor que 12,5 mm (1/2 pulgadas); (2) el agregado grueso contenga apreciable cantidad de material más fino que 4,75 mm (N<sup>o</sup> 4); ó (3) el agregado grueso es altamente absorbente (ejemplo un agregado ligero). También las muestras pueden ser secadas a una temperatura alta utilizando planchas calientes sin afectar los resultados, manteniendo los escapes de vapor sin generación de presiones suficientes como para fracturar las partículas y, temperaturas que no sean mayores como para causar el rompimiento químico del agregado.

8.2 Se seleccionarán tamaños adecuados de tamices para proporcionar la información requerida por las especificaciones que cubran el material a ser ensayado. El uso de tamices adicionales puede ser necesario para obtener otra información, tal como módulo de fineza o para regular la cantidad de material sobre un tamiz. Encajar los tamices en orden de abertura decreciente desde la tapa hasta el fondo y colocar la muestra sobre el tamiz superior. Agitar los tamices manualmente o por medio de un aparato mecánico por

un período suficiente, establecido por tanda o verificado por la medida de la muestra ensayada, para obtener los criterios de suficiencia o tamizado descritos en el apartado 8.4.

8.3 Limitar la cantidad de material sobre el tamiz utilizado de tal manera que todas las partículas tengan la oportunidad de alcanzar la abertura del tamiz un número de veces durante la operación de tamizado. Para tamices con aberturas menores que 4,75 mm (Nº 4), la cantidad retenida sobre alguna malla al completar el tamizado no excederá a 7 kg/m<sup>2</sup> de área superficial de tamizado (NOTA 5). Para tamices con aberturas de 4,75 mm (Nº 4) y mayores, la cantidad retenida en kg no deberá sobrepasar el producto de 2,5 x (abertura del tamiz en mm x (área efectiva de tamizado, m<sup>2</sup>)). Esta cantidad se muestra en la Tabla 1 para 5 dimensiones de tamices de uso común. En ningún caso la cantidad retenida será mayor como para causar deformación permanente al tamiz.

8.3.1 Prevenir una sobrecarga de material sobre un tamiz individual por uno de los siguientes procedimientos:

8.3.1.1 Colocar un tamiz adicional con abertura intermedia entre el tamiz que va a ser sobrecargado y el tamiz inmediatamente superior en la disposición original de tamices.

8.3.1.2 Separar la muestra en dos o más porciones, tamizando cada porción individual. Combinar las masas de cada porción retenidas sobre un tamiz especificado antes de calcular el porcentaje de la muestra sobre el tamiz.

8.3.1.3 Utilizar tamices de mayor armazón que provean mayor área de tamizado.

NOTA 5: La cantidad de 7 kg/m<sup>2</sup> a 200 g para los diámetros usuales de tamiz de 203,2 mm (8 pulgadas) (con superficie efectiva de tamizado de 190,5 mm (7,5 pulgadas) de diámetro).

8.4 Continuar el tamizado por un período suficiente, de tal manera que al final no más del 1 % de la masa del residuo sobre uno de los tamices, pasará a través de él durante 1 min de tamizado manual como sigue: Sostener firmemente el tamiz individual con su tapa y fondo bien ajustado en posición ligeramente inclinada en una mano. Golpear el filo contra el talón de la otra mano con un movimiento hacia arriba y a una velocidad de cerca de 150 veces por min, girando el tamiz un sexto de una revolución por cada 25 golpes. En la determinación de la eficacia del tamizado para medidas mayores de 4,75 mm (Nº 4), limitar a una capa simple de partículas sobre el tamiz. Si la medida del tamiz hace

impracticable el movimiento de tamizado descrito, utilizar el tamiz de 203 mm de diámetro (8 pulgadas) para verificar la eficiencia del tamizado.

8.5 En el caso del agregado global, la porción de la muestra más fina que el tamiz de 4,75 mm (N° 4) puede ser distribuida entre dos o más juegos de tamices para prevenir la sobrecarga de los tamices individuales; con el fin de facilitar la acción del tamizado.

NOTA 6: En el caso que se requiera separar el agregado grueso del agregado fino, el material global se cortará por el tamiz de 3/8 pulgadas (9,5 mm).

8.5.1 Alternativamente, la porción más fina que la malla de 4,75 mm (N° 4), puede ser reducida utilizando un sacudidor mecánico de acuerdo con el método ASTM C 702. Si se siguió este procedimiento, calcular la masa del incremento de cada medida de la muestra original como sigue:

$$A = \frac{W_1}{W_2} \times B$$

Donde:

A = masa del incremento de la medida sobre la base de la muestra total.

$W_1$  = masa de la fracción más fina que la malla de 4,75 mm (N° 4) en la muestra total.

$W_2$  = masa de la porción reducida de material más fino que la malla de 4,75 mm (N° 4) efectivamente tamizada.

B = masa del incremento en la porción reducida tamizada.

8.6 A no ser que se utilice un sacudidor mecánico, tamizar manualmente las partículas mayores que 75 mm (3 pulgadas) para la determinación de las aberturas menores de tamiz a través de las que cada partícula debe pasar. Empezar con el menor tamiz utilizado. Alternar las partículas, si es necesario, para determinar si pasarán a través



de una abertura particular; de cualquier modo no fuerce las partículas a pasar a través del tamiz.

8.7 Determinar la masa de cada incremento de medida sobre una balanza conforme a los requerimientos especificados en el apartado 5.1 aproximando al 0,1 % más cercano de la masa total original de la muestra seca. La masa total de material luego del tamizado deberá ser verificada con la masa de la muestra colocada sobre cada tamiz. Si la cantidad difiere en más de 0,3 %, sobre la masa seca original de la muestra, el resultado no deberá utilizarse para propósitos de aceptación.

8.8 Si la muestra fue previamente ensayada por el método descrito en la NTP 400.018, adicionar la masa del material más fino que la malla de 75  $\mu\text{m}$  (N°200) determinada por el método de tamizado seco.

## 9. CÁLCULO

9.1 Calcular el porcentaje que pasa, los porcentajes totales retenidos, o los porcentajes sobre cada tamiz, aproximando al 0,1% más cercano de la masa seca inicial de la muestra. Si la misma muestra fue primero ensayada por el método de ensayo que se describe en la NTP 400.018, incluir la masa de material más fino que la malla de 75  $\mu\text{m}$  (N°200) calculada por el método de lavado y utilizar el total de la masa de la muestra seca previa al lavado descrito en el método de ensayo de la NTP 400.018, como base para calcular todos los porcentajes.

9.1.1 Cuando se ensayan incrementos de la muestra, como se indica en el apartado 7.6, se utilizará el total de la masa de la porción del incremento retenido en cada tamiz, para calcular los porcentajes que se mencionan en el apartado 9.1.

9.2 Cuando se requiera, calcular el módulo de fineza, sumando el porcentaje acumulado retenido de material de cada uno de los siguientes tamices (porcentaje acumulado retenido) y dividir la suma entre 100: 150  $\mu\text{m}$  (N° 100); 300  $\mu\text{m}$  (N° 50); 600  $\mu\text{m}$  (N° 30); 1,18 mm (N° 16); 2,36 mm (N° 8); 4,75 mm (N° 4); 9,5 mm (3/8 de pulgada); 19,0 mm (3/4 de pulgada); 37,5 mm (1 1/2 pulgada) y mayores; incrementando en la relación 2 a 1.

## 10. REPORTE

10.1 Dependiendo de las especificaciones para el uso del material, el reporte incluirá lo siguiente:

10.1.1 Porcentaje total que pasa cada tamiz.

10.1.2 Porcentaje total retenido en cada tamiz.

10.1.3 Porcentaje retenido entre tamices consecutivos.

10.2 Reportar los porcentajes en números enteros, excepto que si el porcentaje que pasa la malla de 75  $\mu\text{m}$  ( N° 200) es menor del 10 %, se aproximará al 0,1 % más cercano.

10.3 Reportar el módulo de fineza, cuando se solicite, al 0,01.

## 11. PRECISIÓN Y DESVIACIÓN

**11.1 Precisión:** La estimación de la precisión para este método de ensayo se presenta en la Tabla 3 (Véase Anexo B). Los estimados están basados en los resultados obtenidos por “AASHTO Materials Reference Laboratory Proficiency Sample Program” (Programa de Muestreo del Laboratorio de Materiales de Referencia de AASHTO), con ensayos realizados con el método ASTM C 136 y AASHTO T 27.

Los datos se basaron en resultados de 65 a 233 laboratorios que ensayaron en 18 pares de muestras de referencia de agregado grueso y de 74 a 222 laboratorios que ensayaron 17 pares de muestras de referencia de agregado fino (muestras N° 21 al 90), los valores de la tabla se dan para diferentes rangos del porcentaje total del agregado que pasa un tamiz.

11.1.1 Los valores de la precisión para el agregado fino de la Tabla 3 (Véase Anexo B) se realizaron con 500 g de muestra de ensayo. La revisión de este método en

1994 permitió reducir la muestra a un mínimo de 300 g. El análisis de los resultados de muestras de referencia con 300 g y 500 g , las muestras 99 y 100 (las muestras 99 y 100 fueron esencialmente idénticas) produjeron los valores de precisión de la Tabla 4 (Ver Anexo C), que indican solamente diferencias menores debido al tamaño de muestra.

NOTA 7: Los valores del agregado fino de la Tabla 3 serán revisados para reflejar la muestra de ensayo de 300 g, cuando se ha ensayado un número suficiente de muestras de referencia utilizando aquel tamaño de muestra que provea datos confiables.

**11.2 Desviación:** Mientras no se acepte un material de referencia adecuado para determinar la desviación en este método de ensayo, no se establecerá la desviación.

## 12. ANTECEDENTES

- |      |                  |  |
|------|------------------|--|
| 12.1 | ASTM C 136-96a   | Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates. |
| 12.2 | NTP 400.012:1976 | AGREGADOS. Análisis granulométrico.                                    |

## ANEXO A

(Normativo)

**TABLA 2 – Máxima cantidad permitida de material retenido sobre un tamiz, kg**

ABERTURA NOMINAL DEL TAMIZ, mm	DIMENSIÓN NOMINAL DEL TAMIZ <sup>A</sup>				
	203,2 mm diám. <sup>B</sup>	254 mm diám. <sup>B</sup>	304,8 mm diám. <sup>B</sup>	350 por 350 mm	372 por 580 mm
	ÁREA DE TAMIZADO, m <sup>2</sup>				
	0,0285	0,0457	0,0670	0,1225	0,2158
125	C	C	C	C	67,4
100	C	C	C	30,6	53,9
90	C	C	15,1	27,6	48,5
75	C	8,6	12,6	23,0	40,5
63	C	7,2	10,6	19,3	34,0
50	3,6	5,7	8,4	15,3	27,0
37,5	2,7	4,3	6,3	11,5	20,2
25,0	1,8	2,9	4,2	7,7	13,5
19,0	1,4	2,2	3,2	5,8	10,2
12,5	0,89	1,4	2,1	3,8	6,7
9,5	0,67	1,1	1,6	2,9	5,1
4,75	0,33	0,54	0,80	1,5	2,6

<sup>A</sup> Dimensiones del tamiz en pulgadas: Diámetro de 8,0 pulgadas, diámetro de 10,0 pulgadas; diámetro de 12 pulgadas; de 13,8 pulgadas x 13,8 pulgadas (14 pulgadas x 14 pulgadas nominal); 14,6 pulgadas x 22,8 pulgadas (16 pulgadas x 24 pulgadas nominal).

<sup>B</sup> El área de los tamices circulares se basa sobre su diámetro efectivo 12,7 mm (½ pulg) menos que el diámetro nominal, dado que la especificación E 11 permite que la soldadura entre el tamiz y el marco (armazón) sea hasta de 6,35 mm (¼ pulg) sobre el tamiz. De este modo el diámetro efectivo de tamizado para un tamiz de 203,2 mm (8 pulg) es 190,5 mm (7,5 pulgadas). Los fabricantes de tamices no deben sobrepasar de 6,35 mm (¼ pulg) de espesor de soldadura sobre el tamiz.

<sup>C</sup> Los tamices indicados tienen menos de cinco aberturas y no deberán ser utilizados para tamizado, excepto como está previsto en el apartado 8.6.

## ANEXO B (Normativo)

**TABLA 3 – Precisión**

	Porcentaje total de material que pasa		Desviación Típica (1s), % <sup>A</sup>	Rango aceptable de dos resultados (d2s), % <sup>A</sup>
	<	≥		
<b>Agregado Grueso:<sup>B</sup></b>				
<b>Precisión de un operador</b>	<100	≥95	0,32	0,9
	<95	≥85	0,81	2,3
	<85	≥80	1,34	3,8
	<80	≥60	2,25	6,4
	<60	≥20	1,32	3,7
	<20	≥15	0,96	2,7
	<15	≥10	1,00	2,8
	<10	≥ 5	0,75	2,1
	<5	≥ 2	0,53	1,5
	<2	> 0	0,27	0,8
<b>Precisión Multilaboratorio</b>				
<b>Precisión Multilaboratorio</b>	<100	≥95	0,35	1,0
	<95	≥85	1,37	3,9
	<85	≥80	1,92	5,4
	<80	≥60	2,82	8,0
	<60	≥20	1,97	5,6
	<20	≥15	1,60	4,5
	<15	≥10	1,48	4,2
	<10	≥ 5	1,22	3,4
	<5	≥ 2	1,04	3,0
	<2	> 0	0,45	1,3
<b>Agregado Fino</b>				
<b>Precisión de un operador</b>	<100	≥95	0,26	0,7
	<95	≥60	0,55	1,6
	<60	≥20	0,83	2,4
	<20	≥15	0,54	1,5
	<15	≥10	0,36	1,0
	<10	≥ 2	0,37	1,1
	<2	> 0	0,14	0,4
<b>Precisión multilaboratorio</b>				
<b>Precisión multilaboratorio</b>	<100	≥95	0,23	0,6
	<95	≥60	0,77	2,2
	<60	≥20	1,41	4,0
	<20	≥15	1,10	3,1
	<15	≥10	0,73	2,1
	<10	≥ 2	0,65	1,8
	<2	> 0	0,31	0,9

<sup>A</sup> Estos números representan, respectivamente, los límites (1s) y (d2s) descritos en la norma ASTM C 670.

<sup>B</sup> La estimación de la precisión se basa en agregados de tamaño máximo nominal de 19,0 mm (3/4 pulg).

ANEXO C  
(Normativo)

**TABLA 4 - Precisión para muestras de ensayo de 300 g y 500 g**

Muestra de referencia de agregado fino				En el laboratorio		Entre laboratorios	
Resultados de los ensayos	Cantidad de muestra	Número de laboratorios	Promedio	1s	d2s	1s	d2s
ASTM C 136/AASHTO T 27							
Material total que pasa el tamiz No. 4 (%)	500 g	285	99,922	0,027	0,066	0,037	0,104
	300 g	276	99,990	0,021	0,060	0,042	0,117
Material total que pasa el tamiz No. 8 (%)	500 g	281	84,10	0,43	1,21	0,63	1,76
	300 g	274	84,32	0,39	1,09	0,69	1,92
Material total que pasa el tamiz No. 16 (%)	500 g	286	70,11	0,53	1,49	0,75	2,10
	300 g	272	70,00	0,62	1,74	0,76	2,12
Material total que pasa el tamiz No. 30 (%)	500 g	287	48,54	0,75	2,10	1,33	3,73
	300 g	276	48,44	0,87	2,44	1,36	3,79
Material total que pasa el tamiz No. 50 (%)	500 g	286	13,52	0,42	1,17	0,98	2,73
	300 g	275	13,51	0,45	1,25	0,99	2,76
Material total que pasa el tamiz No. 100 (%)	500 g	287	2,55	0,15	0,42	0,37	1,03
	300 g	270	2,52	0,18	0,52	0,32	0,89
Material total que pasa el tamiz No. 200 (%)	500 g	278	1,32	0,11	0,32	0,31	0,85
	300 g	266	1,30	0,14	0,39	0,31	0,85

## **CEMENTOS. Cementos Portland adicionados. Requisitos**

**CEMENTS. Blended Portland Cements. Requirements**

Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INDECOPI está basada en la Norma ASTM C 595:2006 Standard Specification for Blended Hydraulic Cements, Derecho de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA. 19428, USA. -Reimpreso por autorización de ASTM International

**2007-03-07**

**2ª Edición**

## ÍNDICE

	<b>página</b>
ÍNDICE	i
PREFACIO	ii
1. OBJETO	1
2. REFERENCIAS NORMATIVAS	1
3. CAMPO DE APLICACIÓN	4
4. DEFINICIONES	5
5. CLASIFICACIÓN	5
6. INFORMACIÓN PARA PEDIDOS	6
7. MATERIALES Y FABRICACIÓN	8
8. REQUISITOS QUÍMICOS	10
9. REQUISITOS FÍSICOS	11
10. MUESTREO	11
11. MÉTODOS DE ENSAYO	12
12. REQUERIMIENTOS DE TIEMPO PARA ENSAYOS	14
13. INSPECCIÓN	14
14. RECEPCIÓN	15
15. CERTIFICACIÓN DEL FABRICANTE	15
16. ENVASE Y ROTULADO	16
17. ALMACENAMIENTO	17
18. ANTECEDENTE	17
ANEXO A	18



## PREFACIO

### A. RESEÑA HISTORICA

A.1 La presente Norma Técnica Peruana ha sido elaborada por el Comité Técnico de Normalización de Cementos, Cales y Yesos, durante los meses de junio a setiembre del 2006, utilizando como antecedente a la norma ASTM C 595:2006 Standard Specification for Blended Hydraulic Cements.

A.2 El Comité Técnico de Normalización de Cementos, Cales y Yesos presentó a la Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales -CRT-, con fecha año-mes-día, el PNTP 334.090:2006, para su revisión y aprobación, siendo sometido a la etapa de Discusión Pública el 2006-12-15. No habiéndose presentado observaciones fue oficializado como Norma Técnica Peruana NTP 334.090:2007 CEMENTOS. Cementos Portland adicionados. Requisitos, 2ª Edición, el 22 de marzo del 2007.

A.3 Esta Norma Técnica Peruana reemplaza a la NTP 334.090:2001 y fue tomada en su totalidad de la ASTM C 595:2006. La presente Norma Técnica Peruana presenta cambios editoriales referidos principalmente a terminología empleada propia del idioma español y ha sido estructurada de acuerdo a las Guías Peruanas GP 001-1995 y GP 002:1995.

### B. INSTITUCIONES QUE PARTICIPARON EN LA ELABORACIÓN DE LA NORMA TECNICA PERUANA

Secretaría	ASOCEM
Presidente	Ing. Manuel Gonzáles de la Cotera
Secretario	Ing. Vanna Guffanti
<b>ENTIDAD</b>	<b>REPRESENTANTE</b>
AGREGADOS CALCÁREOS S.A.	Gonzalo Roselló Federico Pascó Font
ARPL TECNOLOGÍA INDUSTRIAL S.A.	Hugo Lazo
CEMENTO ANDINO S.A.	Victor Cisneros

CEMENTO SUR S.A.	Silvino Quispe
CEMENTO LIMA S.A.	Juan Prado
CEMENTO YURA S.A.	Norma Arenas
CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.	Rosaura Vásquez
CONSULTOR	Juan Ávalos
MINISTERIO DE LA PRODUCCIÓN	Manuel Alvarez
MTC	Jhonny Figueres
PREMIX S.A.	Carlos Forero
PUCP	Juan Harman I.
UNI	Carlos Barzola
UNICON	Carlos Guerra

---0000000---

## CEMENTOS. Cementos Portland adicionados. Requisitos

### 1. OBJETO

Esta Norma Técnica Peruana establece los requisitos que deben cumplir los cementos Portland adicionados para uso en aplicaciones de construcciones en general y/o especial. Los cementos Portland adicionados se obtienen añadiendo escoria, puzolana o filler calizo al cemento Portland o clinker de cemento Portland.

NOTA 1: Esta NTP establece las proporciones de los constituyentes adicionados y algunos requisitos de performance, mientras que la NTP 334.082 es una norma en la cual la especificación de performance, por sí sola, regula el producto y su criterio de aceptación.

### 2. REFERENCIAS NORMATIVAS

Las siguientes normas contienen disposiciones que al ser citadas en este texto, constituyen requisitos de esta Norma Técnica Peruana. Las ediciones indicadas estaban en vigencia en el momento de esta publicación. Como toda norma está sujeta a revisión, se recomienda a aquellos que realicen acuerdos en base a ellas, que analicen la conveniencia de usar las ediciones recientes de las normas citadas seguidamente. El Organismo Peruano de Normalización posee la información de las Normas Técnicas Peruanas en vigencia en todo momento.

#### 2.1 Normas Técnicas Peruanas

- |       |                  |                           |  |   |
|-------|------------------|---------------------------|--|---|
| 2.1.1 | NTP 334.001:2001 | CEMENTOS.<br>nomenclatura | Definiciones   | y |
| 2.1.2 | NTP334.002:2003  | CEMENTOS                  | Determinación de la finura expresada por la superficie específica (Blaine) |   |

- 2.1.3 NTP 334.003:1998 CEMENTOS. Procedimiento para la obtención de pastas y morteros de consistencia plástica por mezcla mecánica
- 2.1.4 NTP 334.004:1999 CEMENTOS. Ensayo en autoclave para determinar la estabilidad de volumen
- 2.1.5 NTP334.005:2001 CEMENTOS. Método de ensayo para determinar la densidad del cemento Portland
- 2.1.6 NTP 334.006:2003 CEMENTOS. Determinación del tiempo de fraguado del cemento utilizando la aguja de Vicat
- 2.1.7 NTP 334.007:1997 CEMENTOS. Muestreo e inspección
- 2.1.8 NTP 334.009:2005 CEMENTOS. Cemento Portland. Requisitos
- 2.1.9 NTP 334.045:1998 CEMENTOS. Método de ensayo para determinar la finura por tamizado húmedo con tamiz normalizado 45  $\mu\text{m}$  (N° 325)
- 2.1.10 NTP 334.064:1999 CEMENTOS. Método para determinar el calor de hidratación de cementos Portland
- 2.1.11 NTP 334.048:2003 CEMENTOS. Determinación del contenido de aire en morteros de cemento hidráulico

- 2.1.12 NTP 334.051:2005 CEMENTOS. Método para determinar la resistencia a la compresión de mortero de cemento Portland usando cubos de 50 mm de lado
- 2.1.13 NTP 334.055:1999 CEMENTOS. Método de ensayo para determinar el índice de actividad puzolánica por el método de la cal
- 2.1.14 NTP334.066:1999 CEMENTOS. Método de ensayo para determinar el índice de actividad puzolánica utilizando cemento Portland
- 2.1.15 NTP 334.067:2001 CEMENTOS. Método de ensayo para determinar la reactividad potencial de combinaciones cemento-agregado. Método de la barra de mortero
- 2.1.16 NTP 334.074: 2004 CEMENTOS. Determinación de la consistencia normal
- 2.1.17 NTP 334.075:2004 CEMENTOS. Cemento Portland. Método de ensayo normalizado para optimizar el  $SO_3$  usando resistencia a la compresión a las 24 horas
- 2.1.18 NTP.334.076:1997 CEMENTOS. Aparato para la determinación de los cambios de longitud de pastas de cementos y morteros fraguados. Requisitos

- |        |                  |   |
|--------|------------------|---|
| 2.1.19 | NTP 334.078:2004 | CEMENTOS. Cemento Portland hidratado. Método normalizado para el sulfato soluble en agua en el mortero endurecido de cemento Portland hidratado |
| 2.1.20 | NTP 334.082:2001 | CEMENTOS. Cementos Portland. Especificación de la performance   |
| 2.1.21 | NTP 334.084:1998 | CEMENTOS. Aditivos funcionales a usarse en la producción de cementos Portland   |
| 2.1.22 | NTP 334.085:2005 | CEMENTOS. Aditivos de proceso a usarse en la producción de cementos Portland  |
| 2.1.23 | NTP 334.086:1999 | CEMENTOS. Método para el análisis químico del cemento   |
| 2.1.24 | NTP 334.094:2001 | CEMENTOS. Método estándar para cambio de longitud de morteros de cemento Portland expuestos a soluciones sulfatadas                             |
| 2.1.25 | NTP 334.127:2002 | CEMENTOS. Adiciones minerales del cemento y hormigón (concreto). Puzolana natural cruda o calcinada y ceniza volante. Método de ensayo          |

### 3. CAMPO DE APLICACIÓN

Esta Norma Técnica Peruana se aplica a los cementos Portland adicionados.

#### 4. DEFINICIONES

Para los propósitos de esta Norma Técnica Peruana se aplican las definiciones contenidas en la NTP 334.001.

#### 5. CLASIFICACIÓN

5.1 Esta Norma Técnica Peruana se aplica a los siguientes tipos de cemento adicionado para los usos que se indican.

**5.1.1 Cementos Portland adicionados:** Para usos en construcciones de concreto en general.

**5.1.1.1 Tipo IP:** Cemento Portland puzolánico.

**5.1.1.2 Tipo I(PM):** Cemento Portland Puzolánico modificado.

**5.1.1.3 Tipo IS:** Cemento Portland de escoria de altos hornos.

**5.1.1.4 Tipo ICo:** Cemento Portland compuesto Tipo ICo.

#### 5.2 Denominación

5.2.1 La designación práctica para los cementos Portland de escoria de altos hornos deberá hacerse adicionando el sufijo (X) al tipo de cemento indicado en 5.1.1.3

### 5.3 Propiedades especiales

5.3.1 La moderada resistencia a los sulfatos, moderado calor de hidratación o ambas, puede ser especificada por adición de los sufijos, (MS) o (MH), respectivamente, al tipo de cemento especificado en 5.1.1.

5.3.2 Cuando se solicite cementos adicionados con bajo calor de hidratación, esto se debe especificar adicionando al el sufijo (LH), al tipo de cemento que lo requiera.

NOTA 2: Para efectos de la comercialización y para proporcionamiento de mezclas de concreto, se deberá tomar en cuenta que la densidad de estos cementos es diferente a la de los cementos Portland normales, por lo que una masa dada de cemento adicionado, tiene un volumen absoluto mayor que la misma masa de cemento Portland.

NOTA 3: Las características especiales atribuibles a la escoria o puzolana pueden variar dependiendo de la cantidad contenida en el cemento adicionado.

## 6. INFORMACIÓN PARA PEDIDOS

6.1 En la comercialización del cemento sujeto a esta NTP, al efectuar el pedido, el comprador puede solicitar lo siguiente:

6.1.1 Número de la Norma Técnica Peruana.

6.1.2 Tipo o tipos de cemento requeridos.



- 6.1.2.1        Porcentaje máximo, mínimo o ambos de escoria, si es requerido.
  
- 6.1.3        En caso de requerir propiedades especiales opcionales se deberá indicar lo siguiente (véase 5.2):
  - 6.1.3.1        **MS** para moderada resistencia a los sulfatos.
  
  - 6.1.3.2        **MH** para moderado calor de hidratación.
  
  - 6.1.3.3        **LH** para bajo calor de hidratación.
  
  - 6.1.3.4        Aditivos acelerantes.
  
  - 6.1.3.5        Aditivos retardantes.
  
  - 6.1.3.7        Aditivos reductores de agua.
  
  - 6.1.3.8        Aditivos reductores de agua y acelerantes.
  
  - 6.1.3.9        Aditivos reductores de agua y retardantes.
  
- 6.1.4        Certificado, si se requiere (Véase Capítulo 15).

NOTA 4: Es importante verificar la disponibilidad de varias opciones. Algunas opciones múltiples son mutuamente incompatibles o inalcanzables.

## 7. MATERIALES Y FABRICACIÓN

**7.1 Escoria de alto horno:** Es un producto no metálico consistente esencialmente de silicatos y aluminio silicatos de calcio y otras bases, que se obtiene en estado fundido, con impurezas de hierro, en los altos hornos.

**7.2 Escoria granulada:** Es el material granular vítreo que se forma cuando la escoria de alto horno fundida es enfriada rápidamente con agua.

**7.3 Cemento Portland:** Véase NTP 334.001. Para propósitos de esta NTP el cemento Portland cumple con los requisitos de la NTP 334.082 o NTP 334.009 la que sea aplicable.

**7.4 Clinker de cemento Portland:** Es el producto de la calcinación hasta fusión parcial, a elevadas temperaturas, de una mezcla de materias primas debidamente clasificadas, dosificadas, pulverizadas y homogeneizadas; que consiste principalmente de silicatos de calcio hidráulicos.

**7.5 Pozolana:** Es un material silíceo o sílico-aluminoso, que por sí mismo puede tener poca o ninguna actividad hidráulica, pero que, finamente dividido y en presencia de humedad reacciona químicamente con el hidróxido de calcio a temperaturas ordinarias para formar compuestos que poseen propiedades hidráulicas.

**7.6 Filler calizo:** Los filleres son materiales inorgánicos minerales seleccionados, que mediante adecuada preparación, considerando su distribución granulométrica, mejoran las propiedades físicas del cemento. Las calizas que se emplean como filler para su inclusión en el cemento deben encontrarse en una proporción de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) = 75% en masa, calculado a partir del contenido de óxido de calcio ( $\text{CaO}$ ), y deben estar libres de contaminación de materia orgánica o arcilla.

**7.7 Aditivos de proceso:** Los aditivos de proceso pueden incorporarse en la fabricación del cemento, si cumplen los requisitos de la NTP 334.085, cuando se usen en las cantidades formuladas o mayores (Véase 15.2).

**7.8 Aditivos funcionales:** Cuando son incorporados en la fabricación del cemento (usados sólo a opción del comprador y en cantidades que no excedan en masa al 0,50% de la masa total del cemento), deberán demostrar que cumplen los requisitos de la NTP 334.084, cuando se ensayen con el cemento que será usado, en las cantidades formuladas o mayores (Veáse 15.2 y Nota 6).

**7.9 Otros aditivos:** Los cementos cubiertos por esta especificación no deben contener otros aditivos, excepto los señalados anteriormente y agua o sulfato de calcio (véase definiciones NTP 334.001) o ambos, los cuales pueden ser añadidos en cantidades tales que no excedan los límites señalados en la Tabla 1, para sulfato reportado como  $SO_3$  y pérdida por ignición.

**7.10 Cemento Portland de escoria de alto horno:** Es una mezcla íntima y uniforme de cemento Portland y escoria granulada finamente dividida. El producto se obtiene bien por la pulverización conjunta de clinker de cemento Portland y escoria granulada de alto horno o por la mezcla conjunta de cemento Portland y escoria granulada finamente molida o una combinación de molienda y mezclado. En el producto final la escoria está presente hasta el 95 %, en masa, de la masa total del cemento Portland de escoria.

NOTA 6: El valor de 0,50 % en masa, es un valor seleccionado arbitrariamente.

**7.11 Cemento Portland puzolánico:** Es una mezcla íntima y uniforme de cemento Portland o cemento Portland de escoria de alto horno y puzolana finamente dividida. El producto se obtiene bien por la pulverización conjunta de clinker de cemento Portland y puzolana o, por la mezcla conjunta de cemento Portland y puzolana finamente molida o una combinación de molienda y mezclado. En el producto final la puzolana estará presente entre el 15% y 40 %, en masa, de la masa total del cemento Portland puzolánico.

**7.12 Cemento Portland puzolánico modificado:** Es una mezcla íntima y uniforme de cemento Portland y puzolana finamente dividida. El producto se obtiene bien por la pulverización conjunta de clinker de cemento Portland y puzolana o, por la mezcla conjunta de cemento Portland y puzolana finamente molida o una combinación de molienda y mezclado. En el producto final la puzolana estará presente en no más del 15 %, en masa, de la masa total del cemento Portland puzolánico.

7.13 **Cemento Portland compuesto Tipo ICo.** Es un cemento Portland obtenido por pulverización conjunta de clinker Portland, materias calizas y/o inertes hasta un máximo de 30 % .

## 8. REQUISITOS QUÍMICOS

8.1 Los cementos definidos en esta NTP deben cumplir los requisitos químicos prescritos en la Tabla 1.

8.2 Si el comprador solicita al fabricante declarar por escrito la composición química del cemento adicionado, la composición del cemento comercializado cumplirá con lo que figura en la declaración con las siguientes tolerancias (Nota 7):

REQUISITOS	TOLERANCIA, ± %
Dióxido de Silicio (SiO <sub>2</sub> )	3
Óxido de Aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	2
Óxido de Calcio (CaO)	3

NOTA 7: Esto significa que si la declaración del fabricante sobre la composición química dice "SiO<sub>2</sub>: 32 %", cuando se analice el cemento deberá contener entre 29 % a 35 % de SiO<sub>2</sub>.

## 9. REQUISITOS FÍSICOS

9.1 **Cemento Portland adicionado:** Los cementos Portland adicionados deberán cumplir los requisitos físicos prescritos en la Tabla 2.

**9.2 Puzolana o escoria:** La puzolana o la escoria se deberá ensayar al mismo estado de finura que aquella a la cual será adicionada. La puzolana deberá cumplir los requisitos de finura y actividad puzolánica indicados en la Tabla 3. La escoria que se usará en la fabricación del cemento Portland de escoria de alto horno, Tipo IS(<25), deberá cumplir el requisito de actividad de la escoria de la Tabla 3. Las puzolanas o las escorias que van a molerse conjuntamente con el clinker de cemento Portland, se ensayarán primero para verificar el cumplimiento con los requisitos de la Tabla 3, y serán molidas en el laboratorio a finura similar a la que tendrá en el cemento adicionado. Es responsabilidad del fabricante decidir la finura a la cual se van a efectuar los ensayos y, cuando el cliente solicite, reportar la información en base a esta decisión.

**9.3** La puzolana utilizada en la fabricación de cemento Portland puzolánico I(PM), cumplirá los requisitos de la Tabla 3, cuando el cemento se ensaye para determinar la expansión de morteros de puzolana, según el método descrito en el apartado 11.1.13. Si el contenido de álcali del clinker a usarse en la producción por lotes cambia por más del 0,20 % del total como  $\text{Na}_2\text{O}$  equivalente, calculado como  $\text{Na}_2\text{O} + 0,658 \text{K}_2\text{O}$  de aquél clinker con el cual se efectuaron los ensayos de aceptación, la puzolana se reensayará para demostrar que cumple con los requisitos de la Tabla 3.

## **10. MUESTREO**

### **10.1 Muestreo de cementos adicionados**

**10.1.1** Cuando el cliente desea que el cemento sea muestreado y ensayado para verificar el cumplimiento con esta especificación, el muestreo y el ensayo deben realizarse en concordancia con la NTP 334.007.

**10.1.2** La NTP 334.007 no está orientada para el control de calidad de la producción, por tanto no es requerida para el certificado de fabricación.

**10.2 Muestreo de la puzolana:** Para lo establecido en la NTP 334.127. Se tomarán unos 2 kg de muestra, por aproximadamente cada 360 Mg (360 000 kg) de puzolana.

## 11. MÉTODOS DE ENSAYO

11.1 Se determinan los requisitos aplicables enumerados en esta Norma Técnica Peruana de acuerdo con los siguientes métodos de ensayo:

11.1.1 **Análisis químico:** NTP 334.086

11.1.2 **Finura por tamizado:** NTP 334.045.

11.1.3 **Finura utilizando el aparato de permeabilidad (Blaine) al aire:** según NTP 334.002.

11.1.4 **Expansión en autoclave:** NTP 334.004, excepto que, en el caso de cemento de escoria, los especímenes de ensayo deben permanecer en el gabinete de curado durante 48 horas antes de realizar las medidas de longitud y que el tiempo de mezclado de la pasta de cemento debe ser no menos de 3 minutos ni más de 3,5 minutos.

11.1.5 **Consistencia normal:** NTP 334.074, excepto que, el tiempo de mezclado de la pasta de cemento de escoria debe ser no menos de 3 minutos ni más de 3,5 minutos.

11.1.6 **Tiempo de fraguado:** NTP 334.006.

11.1.7 **Contenido de aire en mortero:** NTP 334.048, usando la actual gravedad específica del cemento, si ésta difiere de 3.15 en más de 0,05, para el cálculo del contenido de aire.

11.1.8 **Resistencia a la compresión:** NTP 334.051.

11.1.9 **Calor de hidratación:** NTP 334.064.

**11.1.10 Densidad:** NTP 334.005.

**11.1.11 Requerimiento de agua:** La masa de agua de mezcla añadida al lote de 6 cubos debe cumplir con la NTP 334.051, y expresarse como un porcentaje del total de los ingredientes hidráulicos.

**11.1.12 Expansión del mortero de cementos adicionados:** NTP 334.067, usando como agregado vidrio pirex N° 7740 triturado y gradado de acuerdo a lo prescrito en la Tabla 4.

**11.1.13 Expansión de mortero de puzolana para uso en cemento Portland puzolánico I(PM):** empleando la puzolana y clínker o cemento que va a ser usado conjuntamente en la producción del cemento adicionado, se preparan cementos pòrtland puzolánicos I(PM), que contengan 2,5 %; 5 %; 7,5 %; 10 %; 12,5 % y 15 % en masa de la puzolana. Tales mezclas se ensayarán de acuerdo al método de ensayo NTP 334.067, usando una arena no reactiva mediante el método de la barra del ensayo NTP 334.067. La expansión de las barras de mortero se medirá a los 91 días y todas las 6 mezclas cumplirán los requisitos de expansión de la Tabla 3.

**11.1.14 Índice de actividad con cemento Pòrtland:** NTP 334.066.

**11.1.15 Resistencia a los sulfatos:** NTP 334.094.

**11.1.16 Contracción por secado:** PNTP 334.165<sup>a)</sup>. Se confeccionan tres especímenes usando la siguiente proporción de material seco: 1 parte de cemento y 2,75 partes de arena Ottawa según NTP 334.051. Se utiliza un período de curado de 6 días y un período de almacenamiento al aire de 28 días. Informar respecto de la contracción lineal durante el almacenamiento en aire, basándose en la medición inicial después del periodo de curado en agua de 6 días.

---

<sup>a)</sup> Documento en estudio por el CTN, basado en la ASTM C 157.

## 12. REQUERIMIENTOS DE TIEMPO PARA ENSAYOS

No deberán excederse los siguientes períodos de tiempo, entre el momento de muestreo y el término de los ensayos requeridos

<b>Tiempo de ensayo</b>	<b>Plazo de término</b>
Ensayo de 3 días	8 días
Ensayo de 7 días	12 días
Ensayo de 14 días	19 días
Ensayo de 28 días	33 días
Ensayo de 8 semanas	61 días

## 13. INSPECCIÓN

13.1 La inspección del material se efectuará por acuerdo entre el comprador y el vendedor como parte del contrato de compra.

13.2 El cemento se almacenará en lugar seco, protegido de la intemperie y de fácil acceso para la inspección

## 14. RECEPCIÓN

14.1 El lote de cemento deberá cumplir con los requisitos establecidos en esta NTP y según la NTP 334.007.

14.2 Es opción del comprador realizar un nuevo reensayo al cemento antes de usarse, si éste ha permanecido almacenado a granel por más de seis meses o embolsado en un almacén custodiado por el vendedor, por más de tres meses después de haber completado todos sus ensayos, debiendo cumplir con los requerimientos especificados en esta NTP de acuerdo a los requerimientos de la NTP 334.007.



14.3 En los envases se identificará la masa contenida como peso neto. Se aceptarán individualmente los envases cuya masa tenga una variación del 2 % menor a la masa especificada.

14.4 En los envases se identificará la masa contenida como peso neto. Se aceptarán individualmente los envases cuya masa tenga una variación del 2 % menor a la masa especificada.

14.5 El lote de cemento será admitido, si una muestra de 50 envases, obtenida según la NTP 334.007, tiene una masa promedio igual a la especificada.

## 15. CERTIFICACIÓN DEL FABRICANTE

Cuando se especifica en la orden o contrato de compra, la certificación del fabricante deberá entregarse al momento del despacho especificado los resultados de las pruebas, que incluyen el análisis químico, hecho en base a las muestras de cemento durante la producción o transferencia y certificando que los requerimientos aplicables a esta especificación se han cumplido.

## 16. ENVASE Y ROTULADO

16.1 El cemento será recibido en el envase original de fábrica, sea en bolsa o a granel.

16.2 Cuando el cemento sea embolsado, deberá tener un contenido neto de 42,5 kg .

16.3 La bolsa que sirve de envase deberá incluir en el rótulo:

- La palabra cemento Portland y el tipo correspondiente.
- Nombre o símbolo del fabricante.

- El contenido neto, en kilogramos.
- El código de la presente Norma Técnica Peruana.

## 17. ALMACENAMIENTO

El cemento deberá almacenarse de forma tal que permita un fácil acceso para una apropiada inspección e identificación de cada cargamento, y en edificaciones, contenedores o empaque adecuados que protegerán al cemento de las condiciones climáticas como la humedad para minimizar el deterioro por almacenamiento.

## 18. ANTECEDENTE

ASTM C 595:2006      Standard Specification for Blended Hydraulic Cements

ANEXO A  
(NORMATIVO)

TABLAS

TABLA 1 - Requisitos químicos

COMPOSICIÓN QUÍMICA	TIPOS DE CEMENTO			
	IS(<70)	IS(=70)	IP, I(PM)	ICo
Óxido de magnesio (MgO), %, máx.	---	---	6,0	6,0
Azufre como trióxido de azufre (SO <sub>3</sub> ), %, máx. <sup>A</sup>	3,0	4,0	4,0	4,0
Azufre (S), %, máx.	2,0	2,0	---	---
Residuo insoluble, %, máx.	1,0	1,0	---	---
Pérdida por ignición, %, máx.	3,0	4,0	5,0	---

<sup>A</sup> Cuando se verifique mediante el método de la NTP 334.075, que el SO<sub>3</sub> óptimo presenta un valor de 0,5 % menor que el límite de esta especificación, puede permitirse una cantidad adicional de SO<sub>3</sub> a condición que se haya demostrado mediante el método de ensayo de la NTP 334.078, que el sulfato de calcio en el mortero hidratado a 24 h ± ¼ h y expresado como SO<sub>3</sub> no exceda de 0,5 g/L. El comprador podrá solicitar al fabricante la información sustentatoria.

**TABLA 2 - Requisitos físicos**

REQUISITOS FÍSICOS	TIPOS DE CEMENTO			
	IS(<70), IP, I(PM), ICo	IS(<70)MS, IP(MS)	IS(=70)	IP(LH) <sup>G</sup>
Finura	A	A	A	A
Expansión en autoclave <sup>B</sup> % máx.	0,80	0,80	0,80	0,80
Contracción en autoclave <sup>B</sup> % máx.	0,20	0,20	0,20	0,20
Tiempo de fraguado, Método Vicat <sup>C</sup> :				
Fraguado en minutos, no menor de	45	45	45	45
Fraguado en horas, no mayor que	7	7	7	7
Contenido de aire del mortero , % Vol. máx.	12	12	12	12
Resistencia a la compresión MPa mín.				
3 días	13,0	11,0	---	---
7 días	20,0	18,0	5,0	11,0
28 días	25,0	25,0	11,0	21,0
Calor de hidratación, kJ/kg (cal/g), máx.				
7 días	290 <sup>D</sup> (70)	290 <sup>D</sup> (70)	---	250 <sup>D</sup> (60)
28 días	330 <sup>D</sup> (80)	330 <sup>D</sup> (80)	---	290 <sup>D</sup> (70)
Requerimiento de agua, % en peso del cemento, máx.	---	---	---	64
Contracción por secado, % máximo	---	---	---	0,15
Expansión del mortero: <sup>E</sup>				
14 días, % máx.	0,020	0,020	0,020	0,020
8 semanas, % máx.	0,060	0,060	0,060	0,060
Resistencia al sulfato, expansión a los 180 días, %máx	(0,10) <sup>F</sup>	0,10	---	(0,10) <sup>F</sup>

A = La finura deberá ser informada sobre resultados de ensayos realizados a todos

los molinos, tanto por porcentaje de retenido sobre tamiz normalizado de 45  $\mu\text{m}$  (No. 325) vía húmeda, como por superficie específica, en  $\text{m}^2/\text{kg}$  mediante el permeabilímetro de Blaine.

- B = Los especímenes permanecerán firmes y duros. No deben mostrar signos de distorsión, rajaduras, grietas, picaduras o desmoronamiento cuando estén sometidos al ensayo de expansión en autoclave.
- C = El tiempo de fraguado se refiere al tiempo de fraguado inicial del método señalado en la NTP 334.006. El tiempo de fraguado de cementos que contienen aditivos acelerantes o retardantes de tipo funcional, a solicitud del usuario, no necesariamente cumplirán con los límites de esta Tabla, pero deben ser establecidos por el fabricante.
- D = Aplicable solamente cuando se requiera un moderado (MH) o un bajo (LH) calor de hidratación, en este caso los requisitos de resistencia a la compresión podrán ser el 80 % del valor indicado en la Tabla.
- E = El ensayo de expansión del mortero es un requisito opcional y se aplicará solamente a petición del comprador y cuando el cemento se va usar con agregados álcali-reactivos.
- F = El requisito opcional de resistencia a los sulfatos se aplica solamente si es específicamente invocado.
- G = Aplicable solamente cuando no se requiere altas resistencias a edades tempranas o cuando se especifica bajo calor de hidratación.

**TABLA 3 - Requisitos de la puzolana para usar en cementos adicionados y de la escoria para usar en cementos Portland de escoria de alto horno Tipo IS(<25)**

Puzolana y Escoria, según sea aplicable	REQUISITOS
Finura: Retenido en malla 45 $\mu\text{m}$ (No. 325), % máx.	20,0
Reactividad alcalina de la puzolana para su uso en cemento Tipo I(PM), seis ensayos, expansión de la barra de mortero a 91 días, % máx.	0,05
Índice de actividad con cemento Portland a 28 días, % mín.	75

**TABLA 4 - Requisitos de gradación de agregados para ensayo de expansión de morteros**

TAMICES N°		
Pasa	Retiene	% Peso
4,75 mm (No.4)	2,36 mm (No. 8)	10
2,36 mm (No.8)	1,18 mm (No.16)	25
1,18 mm (No.16)	600 $\mu\text{m}$ (No.30)	25
600 $\mu\text{m}$ (No.30)	300 $\mu\text{m}$ (No. 50)	25
300 $\mu\text{m}$ (No.50)	150 $\mu\text{m}$ (No. 100)	15

**MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIÓN**

**REGLAMENTO TECNICO ANDINO**

**SOBRE LIMITES DE PESOS Y DIMENSIONES  
DE LOS VEHICULOS DESTINADOS AL  
TRANSPORTE INTERNACIONAL DE  
PASAJEROS Y MERCANCIAS  
POR CARRETERA**

**LIMA, 16 DE ABRIL DEL 2005**

## **DECISION 491**

### **Reglamento Técnico Andino sobre Límites de Pesos y Dimensiones de los Vehículos destinados al Transporte Internacional de Pasajeros y Mercancías por Carretera**

LA COMISION DE LA COMUNIDAD ANDINA,

VISTOS: El Capítulo XI del Acuerdo de Cartagena, las Directrices Presidenciales # 51 y 52 del Acta de Cartagena, las Decisiones 271, 277, 398, 399, 419 y 467 de la Comisión y la Propuesta 32/Rev. 2 de la Secretaría General;

CONSIDERANDO:

Que el transporte internacional de pasajeros y carga por carretera ha experimentado un cambio significativo en su desarrollo y especialización, el mismo que ha venido asociado al dinamismo del intercambio comercial de los Países Miembros;

Que es necesario regular los Límites de Pesos y Dimensiones de los vehículos para el transporte internacional de pasajeros y mercancías por carretera en la Subregión, a fin de dar máxima seguridad y eficiencia en la prestación del servicio y preservar el patrimonio vial de los Países Miembros;

Que el transporte internacional por carretera ha mostrado un aumento sostenido en el número de empresas, de vehículos y de operaciones realizadas, lo que hace necesario desarrollar y perfeccionar la normativa vinculada con estos servicios;

Que la Decisión 419 establece el marco jurídico para la armonización de normas y reglamentos técnicos que se relacionen con las actividades económicas de competencia de la Comunidad Andina;

Que la Decisión 467 establece las infracciones y el régimen de sanciones para los transportistas autorizados del transporte internacional de mercancías por carretera, la misma que, entre otras, establece como infracción o contravención grave, prestar el servicio de transporte internacional de mercancías por carretera, sobrepasando el límite de pesos y dimensiones de los vehículos acordado por los Países Miembros;

Que en la IV Reunión Ordinaria del Comité Andino de Autoridades de Transporte Terrestre (CATT) realizada el 19 y 20 de octubre de 2000, así como en la VII Reunión Ordinaria del Comité Andino de Autoridades de Infraestructura Vial (CAIV) celebrada el 23 y 24 de noviembre de 2000, se revisó el proyecto de Reglamento Técnico Andino de Límites de Pesos y Dimensiones de los Vehículos destinados al Transporte Internacional de Pasajeros y Mercancías por Carretera; y se acordó recomendar a la Secretaría General la elaboración de la Propuesta correspondiente para su presentación a la Comisión de la Comunidad Andina;

DECIDE:

Artículo 1.- Aprobar el "Reglamento Técnico Andino sobre Límites de Pesos y Dimensiones de los Vehículos destinados al Transporte Internacional de Pasajeros y Mercancías por Carretera", que consta de dieciséis (16) artículos agrupados en cinco (05) Capítulos y tres (03) Apéndices que figuran en el Anexo de la presente Decisión.

Artículo 2.- Las incorporaciones, modificaciones y actualizaciones que sean necesarias efectuar en dicho Reglamento Técnico Andino y sus Apéndices, se realizarán a solicitud de uno o varios



Países Miembros, de la Secretaría General o de la Comisión de la Comunidad Andina. Dicha solicitud será adoptada mediante Resolución con la opinión del Comité Andino de Infraestructura Vial (CAIV).

Asimismo, el Comité Andino de Infraestructura Vial (CAIV) y el Comité Andino de Autoridades de Transporte Terrestre (CAATT), podrán recomendar la adopción de nuevas normas sobre aspectos relacionados con este Reglamento Técnico Andino.

## DISPOSICIONES TRANSITORIAS

Primera.- Hasta tanto se apruebe la norma comunitaria que establece las infracciones y el régimen de sanciones para los transportistas autorizados del transporte internacional de pasajeros por carretera, a que se refiere la Primera Disposición Transitoria de la Decisión 398, los Países Miembros aplicarán su correspondiente legislación interna.

Segunda.- Los vehículos actualmente habilitados y cuyas características no se ajusten a las establecidas en el Reglamento Técnico Andino que con esta Decisión se aprueba, podrán seguir prestando el servicio de transporte internacional por carretera por un período de cinco (05) años, contado a partir de la fecha de entrada en vigencia de la presente Decisión, y siempre que el vehículo siga formando parte de la flota del transportista autorizado.

Dada en la ciudad de Lima, Perú, a los nueve días del mes de febrero del año dos mil uno.

## ANEXO

### **REGLAMENTO TECNICO ANDINO SOBRE LIMITES DE PESOS Y DIMENSIONES DE LOS VEHÍCULOS DESTINADOS ALTRANSPORTE INTERNACIONAL DE PASAJEROS Y MERCANCIAS POR CARRETERA**

#### CAPITULO I

##### Del Objeto y Alcance

Artículo 1.- El presente Reglamento Técnico Andino establece los Límites de Pesos y Dimensiones de los vehículos destinados al transporte internacional de pasajeros y mercancías por carretera entre los Países Miembros.

Artículo 2.- Las disposiciones del presente reglamento se aplican a:

a) La habilitación de los vehículos para ser utilizados en el transporte internacional de pasajeros y mercancías por carretera.

b) Las dimensiones de los vehículos destinados al transporte internacional por carretera y que deban servir para se destina a:

- El transporte de pasajeros, de diseño y fabricación original para tal fin, siempre que tenga una tara superior a 8 500 kilogramos.

- El transporte de mercancías, de diseño y fabricación original para tal fin, siempre que tenga un peso bruto vehicular superior a 10 000 kilogramos.

c) Los pesos y otras características de los vehículos destinados al transporte internacional por carretera.

## CAPITULO II

### De los Requisitos de los Vehículos

Artículo 3.- Los vehículos ómnibuses o autobuses habilitados y registrados que circulen en una operación de transporte internacional de pasajeros por las vías del Sistema Andino de Carreteras u otras autorizadas por los Países Miembros, deberán cumplir con las dimensiones que se detallan en el Apéndice 1 (Dimensiones para los Vehículos destinados al Transporte Internacional de Pasajeros por Carretera) del presente Reglamento Técnico Andino.

Artículo 4.- Los vehículos habilitados y registrados así como las unidades de carga registradas que circulen en una operación de transporte internacional de mercancías por las vías del Sistema Andino de Carreteras u otras autorizadas por los Países Miembros, deberán cumplir con las dimensiones que se detallan en el Apéndice 2 (Dimensiones para los Vehículos de Carga destinados al Transporte Internacional de Mercancías por Carretera) y en el Apéndice 3 (Límites de Pesos para los Vehículos de Carga destinados al Transporte Internacional de Mercancías por Carretera), del presente Reglamento Técnico Andino.

## CAPITULO III

### De las Condiciones de la Carga

Artículo 5.- Las cargas que se transporten en vehículos habilitados y registrados, así como en las unidades de carga registradas deberán ser estibadas, sujetas y cubiertas de forma que no pongan en peligro la vida de las personas ni causen daños a la propiedad de terceros; no arrastren en la vía ni caigan sobre ésta; no estorben la visibilidad del conductor ni comprometan la estabilidad o la conducción del vehículo; y, no oculten las luces, incluidas las de frenado, direccionales y las de posición, ni los dispositivos reflectantes y las placas de identificación.

Artículo 6.- El vehículo, incluida su carga, y en su caso la unidad de carga, no deberá sobrepasar las especificaciones máximas de longitud, ancho y altura previstas en el Apéndice 2 del presente Reglamento Técnico Andino.

Artículo 7.- El vehículo, incluida su carga, y en su caso la unidad de carga, no deberá sobrepasar el peso máximo por eje y peso bruto vehicular establecido en el Apéndice 3 del presente Reglamento Técnico Andino.

Artículo 8.- Para el transporte de carga que no cumpla lo establecido en los artículos 6 y 7 precedentes, así como para aquellas mercancías indivisibles o especiales y peligrosas, se requerirá autorización expresa de los Organismos Nacionales Competentes de Transporte Terrestre por carretera de los Países Miembros transitados, conforme a su legislación interna.

Artículo 9.- Cada País Miembro notificará a los restantes Países Miembros de la Comunidad Andina y a la Secretaría General, en forma previa y oportuna, los tramos del Sistema Andino de Carreteras o de las vías autorizadas para el transporte internacional que, por circunstancias especiales, no permitan la circulación de vehículos habilitados con las dimensiones y peso máximo señalados en el presente Reglamento Técnico Andino.

## CAPITULO IV

### De la Vigilancia y Control

Artículo 10.- La vigilancia y control del cumplimiento de lo dispuesto en este Reglamento Técnico Andino corresponde a las Autoridades Nacionales Competentes de Infraestructura Vial. Para la imposición de las sanciones, en los casos de infracciones comprobadas contra el presente Reglamento Técnico Andino, se procederá según lo establecido en las normas comunitarias correspondientes.

Artículo 11.- El cumplimiento de los pesos por eje, y el peso bruto vehicular, será controlado mediante sistemas de pesaje automatizados, dispositivos que se ubicarán en diferentes puntos del Sistema Andino de Carreteras o vías autorizadas; y las dimensiones mediante métodos técnicos apropiados.

Artículo 12.- Para los efectos del control del peso bruto de los vehículos habilitados que realicen transporte internacional de mercancías por carretera, el transportista autorizado deberá consignar en el Manifiesto de Carga Internacional (MCI), el peso total en kilogramos de las cargas que transporta.

La tara del vehículo y de la unidad de carga deberá figurar en kilogramos al costado derecho de los mismos en forma visible, mediante el uso de calcomanías, placas fijas o medios impresos.

Artículo 13.- Los vehículos que no cumplan con las disposiciones del presente Reglamento Técnico Andino, no podrán ser habilitados por los Organismos Nacionales Competentes de Transporte Terrestre.

## CAPITULO V

### Disposiciones Generales

Artículo 14.- Los Países Miembros no podrán limitar o prohibir la circulación por su territorio a los vehículos habilitados por otro País Miembro, por razones vinculadas a pesos y dimensiones, si los mismos cumplen con las condiciones establecidas en el presente Reglamento Técnico Andino.

Artículo 15.- Las disposiciones de este Reglamento Técnico Andino no obstaculizarán la aplicación de las disposiciones internas de los Países Miembros en materia de circulación por carretera, que por condiciones especiales de orden técnico, limiten los pesos y dimensiones de los vehículos habilitados para determinadas carreteras o construcciones de ingeniería civil, salvo que la tecnología del vehículo permita su circulación sin dificultad.

Artículo 16.- Cuando medien razones de desarrollo tecnológico o en casos especiales no contemplados en el presente Reglamento Técnico Andino, a fin de facilitar las operaciones de transporte internacional de los vehículos en las vías del Sistema Andino de Carreteras u otras autorizadas, y hasta tanto se modifique la norma comunitaria respectiva, se realizarán pruebas en el sitio a objeto de autorizar su circulación.

## APÉNDICE 1

### DIMENSIONES PARA LOS VEHÍCULOS DESTINADOS AL TRANSPORTE INTERNACIONAL DE PASAJEROS POR CARRETERA

#### 1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACION

El presente Apéndice establece las dimensiones que deben cumplir los vehículos a ser utilizados en el transporte internacional de pasajeros por carretera.

#### 2. DEFINICIONES

##### 2.1 Vehículo de transporte internacional de pasajeros por carretera

Ómnibus o autobús destinado a servir las rutas entre ciudades o poblaciones de dos o más Países Miembros. Estará dotado de las condiciones necesarias de seguridad y comodidad para los pasajeros y los tripulantes.

##### 2.2 Tipos de Ómnibus o autobús

###### 2.2.1 Convencional

Ómnibus o autobús con la carrocería unida directamente al chasis del vehículo.

En la construcción de la carrocería deberán respetarse las especificaciones técnicas del fabricante del chasis, así como sus instrucciones.

###### 2.2.2 Semi-integral o semiportante

Ómnibus o autobús que posee una estructura con bastidor similar al convencional y que, además, tiene travesaños especialmente ubicados para soportar la carrocería.

###### 2.2.3 Integral

Ómnibus o autobús cuyo armazón o carrocería está rígidamente unido a la plataforma o baja estructura, formando una sola unidad autoportante, a la que van fijados los elementos mecánicos de suspensión, propulsión y dirección.

###### 2.2.4 Articulado

Ómnibus o autobús compuesto de gusano o tractobús de dos secciones rígidas unidas entre sí por una junta articulada. La libre circulación de una sección rígida a otra es asegurada por medio de una articulación.

##### 2.3 Peso bruto vehicular

Tara del vehículo más el peso de la carga los pasajeros, equipaje y encomiendas que transporta.

#### 3. REQUISITOS

##### 3.1 Dimensiones

### 3.1.1 Longitud mínima:

Para todos los tipos de ómnibus o autobús 12,00 m

### 3.1.2 Longitud máxima:

Convencional 13,30 m

Semi-integral hasta 3 ejes 15,00 m

Integral hasta 4 ejes direccionales 15,00 m

Articulado 18,30 m

### 3.1.3 Ancho máximo: 2,60 m

### 3.1.4 Altura máxima: 4,10 m

### 3.1.5 Altura máxima del suelo al estribo 0,40 m

### 3.1.6 Peso máximo transmitido a la calzada de la vía

El ómnibus o autobús, en los casos que sea aplicable, no deberá exceder los valores establecidos en el Apéndice 3 sobre "Límites de Pesos para los Vehículos de Carga destinados al Transporte Internacional de Mercancía por Carretera".

Para aquel ómnibus o autobús no convencional que incorpore en la suspensión bolsas de aire o sistemas de suspensión especiales y cuya disposición incluya llantas radiales, se permitirá una carga sobre el eje delantero hasta de 7 000 kg. Estas características especiales deberán constar en el Certificado de Habilitación.

### 3.1.7 Todos los tipos de ómnibus o autobús deberán inscribirse en una corona circular de un radio exterior de 12,50 m y de un radio interior de 5,30 m.

## APÉNDICE 2

### DIMENSIONES PARA LOS VEHICULOS DE CARGA DESTINADOS AL TRANSPORTE INTERNACIONAL DE MERCANCIAS

#### POR CARRETERA

#### 1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACION

Este apéndice tiene por objeto establecer los requisitos que deberán cumplir los vehículos de carga para el transporte internacional de mercancías por carretera, con peso bruto vehicular igual o mayor a 10 000 kg.

#### 2. DEFINICIONES

- Camión

Vehículo autopropulsado de carga, puede ser también utilizado para remolcar. Su diseño puede incluir una carrocería o estructura portante.

- Capacidad de carga

Carga útil máxima permitida para el cual fue diseñado el vehículo.

- Eje motriz

Eje utilizado para transmitir la fuerza de tracción.

- Eje no motriz

Eje que no transmite fuerza de tracción.

- Eje(s) direccional(es)

Eje(s) a través del (de los) cual(es) se aplican controles de dirección al vehículo.

- Eje(s) delantero(s)

Eje(s) situado(s) en la parte anterior del chasis.

- Eje(s) central(es)

Eje(s) situado(s) en la parte central del chasis.

- Eje(s) posterior(es)

Eje(s) situado(s) en la parte posterior del chasis.

- Eje simple

Elemento constituido por un solo eje no articulado a otro, puede ser: motriz o no, direccional o no, anterior, central o posterior.

- 
- Eje compuesto (Tándem)

Elemento constituido por dos (2) ejes articulados al vehículo por dispositivo(s) común(es), separados 1,20 m y 1,60 m entre líneas de rotación extremas (centro de ejes extremos), pudiendo ser motriz, portante o combinado.

- Eje compuesto (Trídem)

Elemento constituido por tres (3) ejes articulados al vehículo por dispositivo(s) común(es), separados 2,0 m y 3,2 m entre líneas de rotación extremas (centro de ejes extremos), pudiendo ser motriz, portante o combinado.

- Eje retráctil

Eje que puede transmitir parte de la carga del vehículo a la superficie de la vía o aislarse de ésta mediante dispositivos mecánicos, hidráulicos o neumáticos.

- Nodriz

Parte de la carrocería, remolque o semi-remolque diseñado exclusivamente para el transporte de vehículos armados ensamblados.

- Peso bruto vehicular máximo

Tara del vehículo más el peso de la carga máxima permitida.

- Peso bruto vehicular

Tara del vehículo más el peso de la carga que transporta.

- Remolque

Vehículo no autopropulsado con eje(s) delantero(s) y posterior(es) cuyo peso total, incluyendo la carga, descansa sobre sus propios ejes, y es remolcado por un camión o tracto-camión.

- Remolque balanceado

Vehículo no autopropulsado en el cual el (los) eje(s) que soporta(n) la carga está(n) ubicado(s) aproximadamente en el centro de la carrocería portante, y es remolcado por un camión o tracto-camión.

- Semirremolque (furgón, plataforma, tolva, tanque fijo)

Vehículo no autopropulsado con eje(s) posterior(es), cuyo peso y carga se apoyan (transmiten parcialmente) en el tracto-camión que lo remolca.

- Tara del vehículo

Peso neto del vehículo con tripulación, provisto de combustible y equipo auxiliar habitual, en orden de marcha, excluyendo la carga.

- Tracto-camión (chuto-cabezal)

Vehículo autopropulsado, diseñado para remolcar y soportar la carga que le transmite un semi-remolque a través de un acople adecuado para tal fin.

- Unidad de Carga

El remolque o semirremolque (furgón, plataforma, tolva, tanque fijo) registrado ante los organismos nacionales de transporte y aduana.

- Vehículo de Carga

Vehículo autopropulsado destinado al transporte de mercancías por carretera. Puede contar con equipos adicionales para la prestación de servicios especializados.

### 3. DESIGNACION

3.1 Las configuraciones de los vehículos de carga en aplicación del presente Apéndice, se determinarán de acuerdo a la disposición de sus ejes según se indica a continuación:

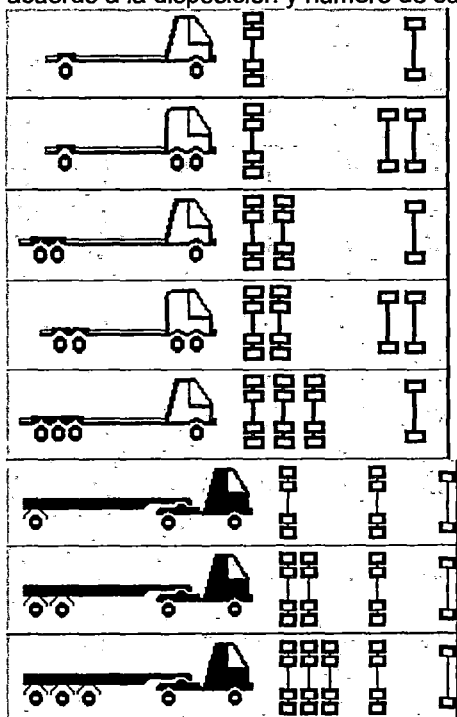
3.1.1 Con el primer dígito se designa el número de ejes del camión o del tracto-camión.

3.1.2 La letra "S" indica semi-remolque y el dígito inmediato señala el número de sus ejes.

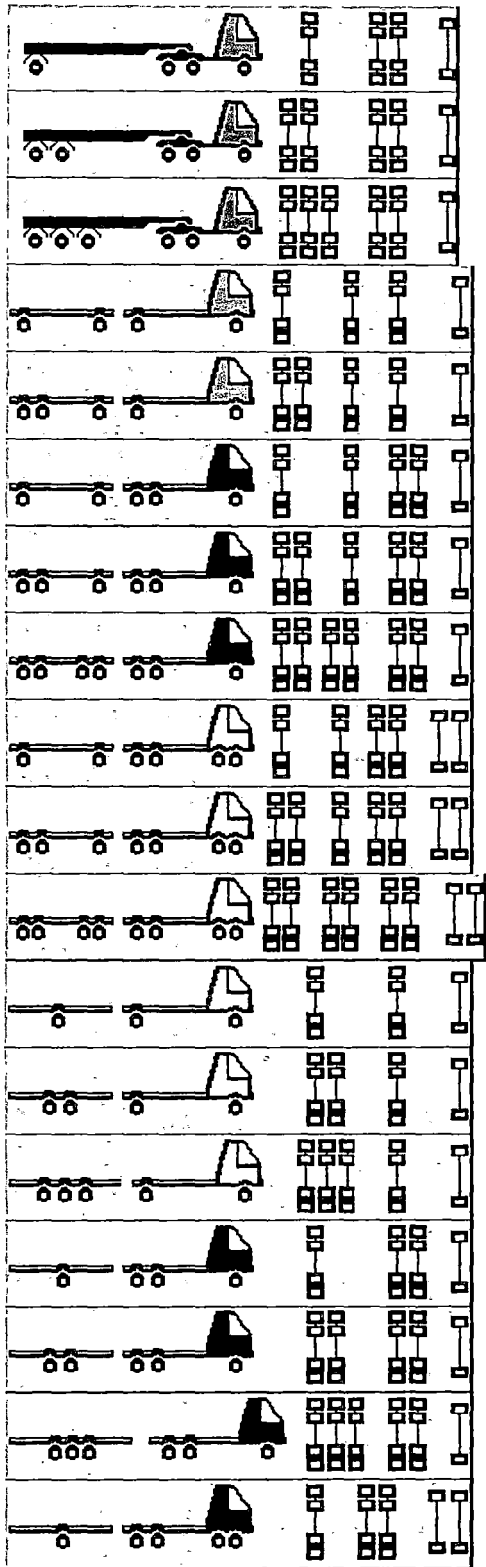
3.1.3 La letra "B" indica remolque balanceado y el dígito inmediato señala el número de sus ejes.

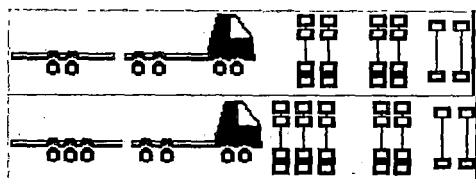
3.1.4 La letra "R" indica remolque y el dígito inmediato señala el número de sus ejes.

3.1.5 A continuación se señalan algunas formas de configuración de los vehículos de carga de acuerdo a la disposición y número de sus ejes:









#### 4. REQUISITOS

##### 4.1 Dimensiones máximas del vehículo de carga

Ancho ..... 2,60 m

Altura ..... 4,10 m

Longitud:

- Camión con 2 ejes ..... 11,50 12,00 m
- Camión con 3 y 4 ejes ..... 12,20 m
- Combinaciones de tracto-camión y semi-remolque

y de camión remolque, independiente del número de ejes y su distribución ..... 18,3050 m

- 
- Combinaciones de tracto-camión y semi-remolque

en el caso de Nodrizas de Bolivia Colombia, Perú y Venezuela; y, con permiso especial para Bolivia y Ecuador ..... 21,00 m

- Remolque (carrocería) ..... 10,00 m
- Remolque balanceado

(carrocería) ..... 10,00 m

- Semi-remolque (carrocería) ..... 13,00 m

##### 4.2 Modificaciones

Ningún elemento o sistema del vehículo podrá ser modificado o alterado salvo que dicha modificación o alteración cumpla con las especificaciones técnicas estipuladas por el fabricante y aprobadas por el Organismo Nacional Competente de Transporte Terrestre del país de su matrícula o registro.

##### 4.3 Placa de identificación y especificaciones técnicas

El vehículo deberá disponer de una placa metálica de identificación y especificaciones técnicas ubicada en un lugar de fácil visibilidad. Tendrá, por lo menos, la siguiente información:

###### 4.3.1 Camiones y tracto-camiones

- . Marca del vehículo
- . Número del serial o Número de Identificación Vehicular
- . Tara

###### 4.3.2 Remolque y semi-remolque

- . Identificación del fabricante
- . Número del serial
- . Tara

#### 4.4 Placas de circulación

El camión, tracto-camión, los remolques y los semi-remolques deberán portar las correspondientes placas de autorización de circulación emitidas por el Organismo Nacional Competente de Transporte Terrestre del país de su matrícula o registro.

## APÉNDICE 3

### LIMITES DE PESO PARA LOS VEHICULOS DE CARGA DESTINADOS AL TRANSPORTE INTERNACIONAL DE MERCANCIAS POR CARRETERA

#### 1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACION

El presente Apéndice establece los límites máximos de peso para ejes simples y/o compuestos, así como los pesos máximos permisibles para diferentes tipos de vehículos de carga destinados al transporte internacional de mercancías por carretera.

#### 2. DEFINICIONES

Son aplicables las definiciones contempladas en el Apéndice 2 sobre "Dimensiones para los Vehículos de Carga destinados al Transporte Internacional de Mercancías por Carretera".

#### 3. REQUISITOS

##### 3.1 Peso máximo transmitido a la calzada de la vía

3.1.1 En el caso de ejes simples no se deberán exceder los siguientes límites:

- a) Con dos (2) neumáticos: 6 000 kg
- b) Con cuatro (4) neumáticos: 11 000 kg

3.1.2 Cuando se utilicen dos ejes consecutivos en tándem, con cuatro (4) o más neumáticos cada uno, articulados al vehículo mediante un dispositivo, no se debe exceder el peso máximo de 20 000 kg a la calzada, con excepción de Bolivia y Perú que sólo permiten hasta 18 000 kg.

3.1.3 En el caso de tres ejes consecutivos, con cuatro (4) o más neumáticos cada uno, articulados al vehículo mediante un dispositivo común, no se deberá exceder el peso máximo de 24 000 kg.

##### 3.2 Peso bruto vehicular máximo permisible.

El peso bruto vehicular máximo permisible es de 48 000 kg, cualquiera fuere la configuración, con excepción para Bolivia de 45 000 kg. A continuación se presenta los Pesos Brutos Vehiculares Máximos para cada una de las configuraciones establecidas en el punto 3.1, del Apéndice 2 del presente Reglamento.

Tabla sobre Pesos Brutos Vehiculares Máximos Permisibles.

Vehículos	Designación del vehículo	Valores de PBV Max. (kg)	Excepciones (kg)
	2 ejes	17 000	16 000 (Co) (Ve)
	3 ejes direccional y simple)	(2) 23 000 y 1	
Camiones	3 ejes direccional y tándem)	(1) 26 000 y 1	24 000 (Bo)
	4 ejes direccional y tridem)	(1) 30 000 y 1	
	4 ejes direccional y tándem)	(2) 32 000 y 1	
	2S1	28 000	
	2S2	37 000	35 000 (Bo)
Tracto camión con	2S3	41 000	

camión con semi-remolque	3S1	37 000	35 000 (Bo)
	3S2	46 000	42 000 (Bo)
			43 000 (Pe)
	3S3	48 000	45 000 (Bo)
	2R2	39 000	
	2R3	48 000	45 000 (Bo)
	3R2	48 000	45 000 (Bo)
Camiones con remolque	3R3	48 000	45 000 (Bo)
	3R4	48 000	45 000 (Bo)
	4R2	48 000	45 000 (Bo)
	4R3	48 000	45 000 (Bo)
	4R4	48 000	45 000 (Bo)
Camiones con remolque balanceado (*)	2B1	25 000	
	2B2	32 000	
	2B3	32 000	
	3B1	34 000	
	3B2	41 000	
	3B3	41 000	
	4B1	40 000	
	4B2	47 000	45 000 (Bo)
	4B3	47 000	45 000 (Bo)
(*) Remolque balanceado	B1	8 000	
	B2	15 000	
	B3	15 000	

### 3.3 Distribución de la carga

3.3.1 Se deberá distribuir uniformemente a todo lo largo y ancho de la superficie útil de carga del vehículo, en caso de no ser posible deberá colocarse en forma tal que ningún eje sea sobrecargado y su centro de gravedad quede ubicado entre ejes y deberá consignarse un permiso especial emitido por el Organismo Nacional Competente de Transporte Terrestre, por tratarse de una mercancía indivisible.

3.3.2 En el caso de semi-remolque se entiende como carga en el eje delantero el peso de la unidad motriz más la carga que le transmite el semi-remolque.

### 3.4 Tolerancias

Sólo en caso de existir dificultad para una adecuada distribución de la carga, se aceptará una tolerancia de 500 kg para el eje delantero y 1 000 kg para ejes posteriores de más de ocho (8) llantas. No se aceptará tolerancia para el peso bruto vehicular máximo por configuración a que se refiere la tabla precedente.

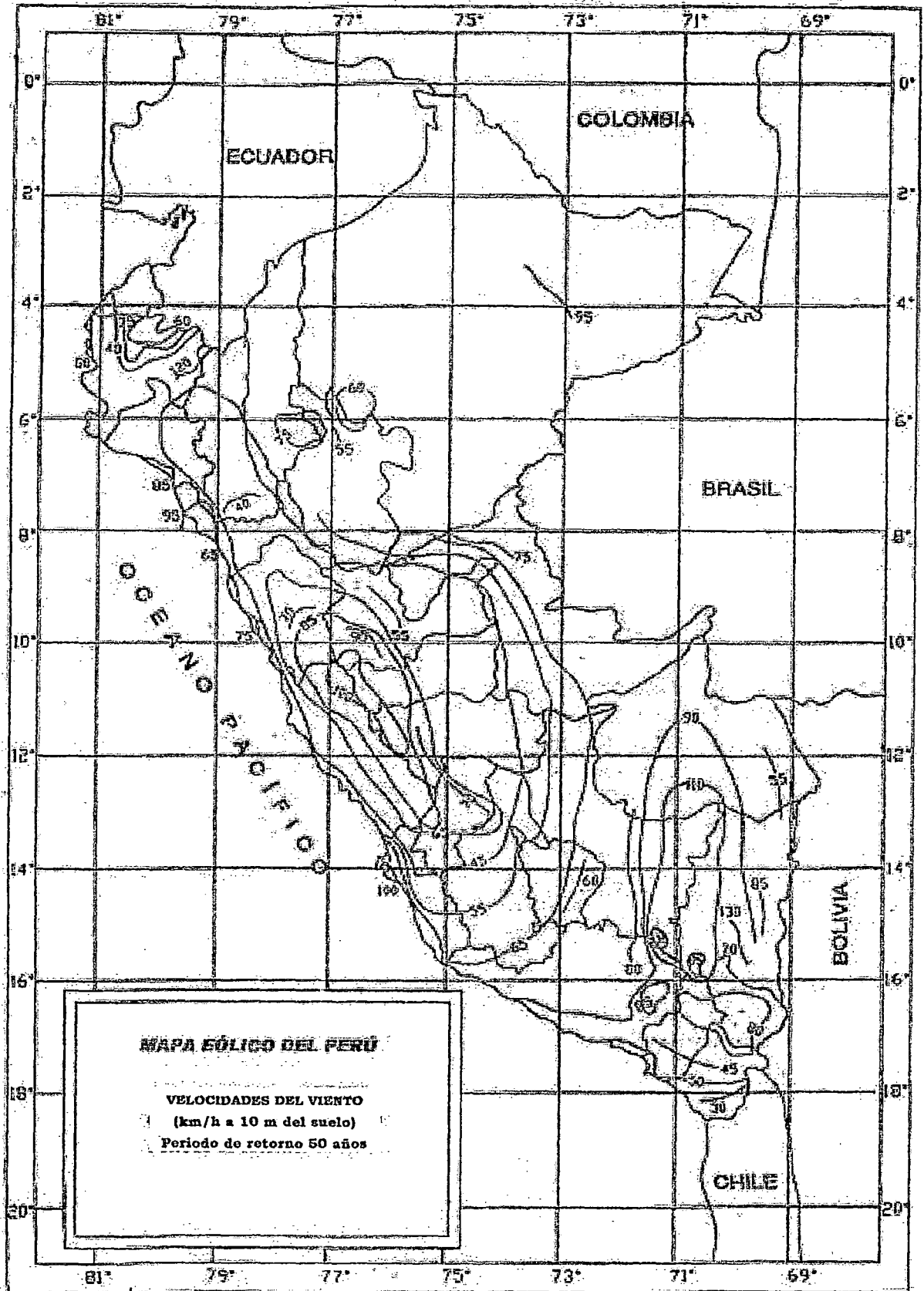
Para el caso de ejes traseros simples de 11 000 kg, no se aceptará tolerancia

**MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCION Y SANEAMIENTO**

**NORMA TÉCNICA DE EDIFICACIÓN**

# **E.030 DISEÑO SISMORRESISTENTE**

**LIMA, 02 DE ABRIL DEL 2003**





**NORMA E.030**

**DISEÑO SISMORRESISTENTE**

**CAPÍTULO I  
GENERALIDADES**

**Artículo 1.- Nomenclatura**

Para efectos de la presente norma, se consideran las siguientes nomenclaturas:

- C Coeficiente de amplificación sísmica
- $C_T$  Coeficiente para estimar el periodo predominante de un edificio
- $D_i$  Desplazamiento elástico lateral del nivel «i» relativo al suelo
- e Excentricidad accidental
- F Fuerza horizontal en la azotea
- $F_a$  Fuerza horizontal en el nivel «i»
- g Aceleración de la gravedad
- $h_i$  Altura del nivel «i» con relación al nivel del terreno
- $h_e$  Altura del entrepiso «i»
- $h_n$  Altura total de la edificación en metros
- $M_i$  Momento torsor accidental en el nivel «i»
- m Número de modos usados en la combinación modal
- n Número de pisos del edificio
- $N_i$  Sumatoria de los pesos sobre el nivel «i»
- P Peso total de la edificación
- $P_i$  Peso del nivel «i»
- R Coeficiente de reducción de solicitaciones sísmicas
- r Respuesta estructural máxima elástica esperada
- r. Respuestas elásticas correspondientes al modo «i»
- § Factor de suelo
- $S_g$  Aceleración espectral
- T Periodo fundamental de la estructura para el análisis estático o periodo de un modo en el análisis dinámico
- $T_p$  Periodo que define la plataforma del espectro para cada tipo de suelo.
- U Factor de uso e importancia
- V Fuerza cortante en la base de la estructura
- $V_i$  Fuerza cortante en el entrepiso «i»
- Z Factor de zona
- Q Coeficiente de estabilidad para efecto P-delta global
- $D_i$  Desplazamiento relativo del entrepiso «i»

**Artículo 2.- Alcances**

Esta Norma establece las condiciones mínimas para que las edificaciones diseñadas según sus requerimientos tengan un comportamiento sísmico acorde con los principios señalados en el Artículo 3º.

Se aplica al diseño de todas las edificaciones nuevas, a la evaluación y reforzamiento de las existentes y a la reparación de las que resultaren dañadas por la acción de los sismos.

Para el caso de estructuras especiales tales como reservorios, tanques, silos, puentes, torres de transmisión, muelles, estructuras hidráulicas, plantas nucleares y todas aquellas cuyo comportamiento difiera del de las edificaciones, se requieren consideraciones adicionales que complementen las exigencias aplicables de la presente Norma.

Además de lo indicado en esta Norma, se deberá tomar medidas de prevención contra los desastres que puedan producirse como consecuencia del movimiento sísmico: fuego, fuga de materiales peligrosos, deslizamiento masivo de tierras u otros.

**Artículo 3.- Filosofía y Principios del diseño sismo-resistente**

La filosofía del diseño sismo-resistente consiste en:

- a. Evitar pérdidas de vidas
- b. Asegurar la continuidad de los servicios básicos
- c. Minimizar los daños a la propiedad.

Se reconoce que dar protección completa frente a todos los sismos no es técnica ni económicamente factible para la mayoría de las estructuras. En concordancia con tal filosofía se establecen en esta Norma los siguientes principios para el diseño:

- a. La estructura no debería colapsar, ni causar daños graves a las personas debido a movimientos sísmicos severos que puedan ocurrir en el sitio.

- b. La estructura debería soportar movimientos sísmicos moderados, que puedan ocurrir en el sitio durante su vida de servicio, experimentando posibles daños dentro de límites aceptables.

**Artículo 4.- Presentación del Proyecto (Disposición transitoria)**

Los planos, memoria descriptiva y especificaciones técnicas del proyecto estructural, deberán llevar la firma de un ingeniero civil colegiado, quien será el único autorizado para aprobar cualquier modificación a los mismos.

Los planos del proyecto estructural deberán contener como mínimo la siguiente información:

- a. Sistema estructural sismo-resistente
- b. Parámetros para definir la fuerza sísmica o el espectro de diseño.
- c. Desplazamiento máximo del último nivel y el máximo desplazamiento relativo de entrepiso.

Para su revisión y aprobación por la autoridad competente, los proyectos de edificaciones con más de 70 m de altura deberán estar respaldados con una memoria de datos y cálculos justificativos.

El empleo de materiales, sistemas estructurales y métodos constructivos diferentes a los indicados en esta Norma, deberán ser aprobados por la autoridad competente nombrada por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, y debe cumplir con lo establecido en este artículo y demostrar que la alternativa propuesta produce adecuados resultados de rigidez, resistencia sísmica y durabilidad.

**CAPÍTULO II  
PARÁMETROS DE SITIO**

**Artículo 5.- Zonificación**

El territorio nacional se considera dividido en tres zonas, como se muestra en la Figura N° 1. La zonificación propuesta se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de éstos con la distancia epicentral, así como en información neotectónica. En el Anexo N° 1 se indican las provincias que corresponden a cada zona.



FIGURA N° 1

A cada zona se asigna un factor Z según se indica en la Tabla N°1. Este factor se interpreta como la aceleración máxima del terreno con una probabilidad de 10 % de ser excedida en 50 años.

ZONA	Z
3	0,4
2	0,3
1	0,15

## Artículo 6.- Condiciones Locales

### 6.1. Microzonificación Sísmica y Estudios de Sitio

#### a. Microzonificación Sísmica

Son estudios multidisciplinarios, que investigan los efectos de sismos y fenómenos asociados como licuefacción de suelos, deslizamientos, tsunamis y otros, sobre el área de interés. Los estudios suministran información sobre la posible modificación de las acciones sísmicas por causa de las condiciones locales y otros fenómenos naturales, así como las limitaciones y exigencias que como consecuencia de los estudios se considere para el diseño, construcción de edificaciones y otras obras.

Será requisito la realización de los estudios de microzonificación en los siguientes casos:

- Áreas de expansión de ciudades.
- Complejos industriales o similares.
- Reconstrucción de áreas urbanas destruidas por sismos y fenómenos asociados.

Los resultados de estudios de microzonificación serán aprobados por la autoridad competente, que puede solicitar informaciones o justificaciones complementarias en caso lo considere necesario.

#### b. Estudios de Sitio

Son estudios similares a los de microzonificación, aunque no necesariamente en toda su extensión. Estos estudios están limitados al lugar del proyecto y suministran información sobre la posible modificación de las acciones sísmicas y otros fenómenos naturales por las condiciones locales. Su objetivo principal es determinar los parámetros de diseño.

No se considerarán parámetros de diseño inferiores a los indicados en esta Norma.

### 6.2. Condiciones Geotécnicas

Para los efectos de esta Norma, los perfiles de suelo se clasifican tomando en cuenta las propiedades mecánicas del suelo, el espesor del estrato, el período fundamental de vibración y la velocidad de propagación de las ondas de corte. Los tipos de perfiles de suelos son cuatro:

#### a. Perfil tipo S<sub>1</sub>: Roca o suelos muy rígidos.

A este tipo corresponden las rocas y los suelos muy rígidos con velocidades de propagación de onda de corte similar al de una roca, en los que el período fundamental para vibraciones de baja amplitud no excede de 0,25 s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre:

- Roca sana o parcialmente alterada, con una resistencia a la compresión no confinada mayor o igual que 500 kPa (5 kg/cm<sup>2</sup>).
- Grava arenosa densa.
- Estrato de no más de 20 m de material cohesivo muy rígido, con una resistencia al corte en condiciones no drenadas superior a 100 kPa (1 kg/cm<sup>2</sup>), sobre roca u otro material con velocidad de onda de corte similar al de una roca.
- Estrato de no más de 20 m de arena muy densa con N > 30, sobre roca u otro material con velocidad de onda de corte similar al de una roca.

#### b. Perfil tipo S<sub>2</sub>: Suelos intermedios.

Se clasifican como de este tipo los sitios con características intermedias entre las indicadas para los perfiles S<sub>1</sub> y S<sub>3</sub>.

#### c. Perfil tipo S<sub>3</sub>: Suelos flexibles o con estratos de gran espesor.

Corresponden a este tipo los suelos flexibles o estratos de gran espesor en los que el período fundamental, para vibraciones de baja amplitud, es mayor que 0,6 s, incluyéndose

dose los casos en los que el espesor del estrato de suelo excede los valores siguientes:

Suelos Cohesivos	Resistencia al Corte típica en condición no drenada (kPa)	Espesor del estrato (m) (*)
Blandos	< 25	20
Medianamente compactos	25 - 50	25
Compactos	50 - 100	40
Muy compactos	100 - 200	60
Suelos Granulares	Valores N típicos en ensayos de penetración estándar (SPT)	Espesor del estrato (m) (*)
Sueltos	4 - 10	40
Medianamente densos	10 - 30	45
Densos	Mayor que 30	100

(\*) Suelo con velocidad de onda de corte menor que el de una roca

#### d. Perfil Tipo S<sub>4</sub>: Condiciones excepcionales.

A este tipo corresponden los suelos excepcionalmente flexibles y los sitios donde las condiciones geológicas y/o topográficas son particularmente desfavorables.

Deberá considerarse el tipo de perfil que mejor describa las condiciones locales, utilizándose los correspondientes valores de T<sub>p</sub> y del factor de amplificación del suelo S, dados en la Tabla N°2.

En los sitios donde las propiedades del suelo sean poco conocidas se podrán usar los valores correspondientes al perfil tipo S<sub>3</sub>. Sólo será necesario considerar un perfil tipo S<sub>4</sub> cuando los estudios geotécnicos así lo determinen.

Tabla N°2  
Parámetros del Suelo

Tipo	Descripción	T <sub>p</sub> (s)	S
S <sub>1</sub>	Roca o suelos muy rígidos	0,4	1,0
S <sub>2</sub>	Suelos intermedios	0,6	1,2
S <sub>3</sub>	Suelos flexibles o con estratos de gran espesor	0,9	1,4
S <sub>4</sub>	Condiciones excepcionales	*	*

(\*) Los valores de T<sub>p</sub> y S para este caso serán establecidos por el especialista, pero en ningún caso serán menores que los especificados para el perfil tipo S<sub>3</sub>.

### Artículo 7.- Factor de Amplificación Sísmica

De acuerdo a las características de sitio, se define el factor de amplificación sísmica (C) por la siguiente expresión:

$$C = 2,5 \cdot T - C_s \cdot 2,5$$

T es el período según se define en el Artículo 17 (17.2) ó en el Artículo 18 (18.2 a)

Este coeficiente se interpreta como el factor de amplificación de la respuesta estructural respecto de la aceleración en el suelo.

## CAPÍTULO III REQUISITOS GENERALES

### Artículo 8.- Aspectos Generales.

Toda edificación y cada una de sus partes serán diseñadas y construidas para resistir las solicitaciones sísmicas determinadas en la forma pre-escrita en esta Norma.

Deberá considerarse el posible efecto de los elementos no estructurales en el comportamiento sísmico de la estructura. El análisis, el detallado del refuerzo y anclaje deberá hacerse acorde con esta consideración.

Para estructuras regulares, el análisis podrá hacerse considerando que el total de la fuerza sísmica actúa independientemente en dos direcciones ortogonales. Para estructuras irregulares deberá suponerse que la acción sísmica ocurre en la dirección que resulte más desfavorable para el diseño de cada elemento o componente en estudio.

Se considera que la fuerza sísmica vertical actúa en los elementos simultáneamente con la fuerza sísmica horizontal y en el sentido más desfavorable para el análisis.

No es necesario considerar simultáneamente los efectos de sismo y viento.

Cuando sobre un sólo elemento de la estructura, muro o pórtico, actúa una fuerza de 30 % o más del total de la fuerza cortante horizontal en cualquier entrepiso, dicho elemento deberá diseñarse para el 125 % de dicha fuerza.

**Artículo 9.- Concepción Estructural Sismorresistente**

El comportamiento sísmico de las edificaciones mejora cuando se observan las siguientes condiciones:

- Simetría, tanto en la distribución de masas como en las rigideces.
- Peso mínimo, especialmente en los pisos altos.
- Selección y uso adecuado de los materiales de construcción.
- Resistencia adecuada.
- Continuidad en la estructura, tanto en planta como en elevación.
- Ductilidad.
- Deformación limitada.
- Inclusión de líneas sucesivas de resistencia.
- Consideración de las condiciones locales.
- Buena práctica constructiva e inspección estructural rigurosa.

**Artículo 10.- Categoría de las Edificaciones**

Cada estructura debe ser clasificada de acuerdo con las categorías indicadas en la Tabla N° 3. El coeficiente de uso e importancia (U), definido en la Tabla N° 3 se usará según la clasificación que se haga.

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
A Edificaciones Esenciales	Edificaciones esenciales cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después que ocurra un sismo, como hospitales, centrales de comunicaciones, cuarteles de bomberos y policía, subestaciones eléctricas, reservorios de agua. Centros educativos y edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre. También se incluyen edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, como grandes hornos, depósitos de materiales inflamables o tóxicos.	1,5
B Edificaciones Importantes	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas como teatros, estadios, centros comerciales, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonio valioso como museos, bibliotecas y archivos especiales. También se considerarán depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento	1,3
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes, cuya falla ocasionaría pérdidas de cuantía intermedia como viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios, fugas de contaminantes, etc.	1,0
D Edificaciones Menores	Edificaciones cuyas fallas causan pérdidas de menor cuantía y normalmente la probabilidad de causar víctimas es baja, como cercos de menos de 1,50m de altura, depósitos temporales, pequeñas viviendas temporales y construcciones similares.	(*)

(\*) En estas edificaciones, a criterio del proyectista, se podrá omitir el análisis por fuerzas sísmicas, pero deberá proveerse de la resistencia y rigidez adecuadas para acciones laterales.

**Artículo 11.- Configuración Estructural**

Las estructuras deben ser clasificadas como regulares o irregulares con el fin de determinar el procedimiento adecuado de análisis y los valores apropiados del factor de reducción de fuerza sísmica (Tabla N° 6).

a. **Estructuras Regulares.** Son las que no tienen discontinuidades significativas horizontales o verticales en su configuración resistente a cargas laterales.

b. **Estructuras Irregulares.** Se definen como estructuras irregulares aquellas que presentan una o más de las características indicadas en la Tabla N° 4 o Tabla N° 5.

<b>Irregularidades de Rigidez - Piso blando</b> En cada dirección la suma de las áreas de las secciones transversales de los elementos verticales resistentes al corte en un entrepiso, columnas y muros, es menor que 85 % de la correspondiente suma para el entrepiso superior, o es menor que 90 % del promedio para los 3 pisos superiores. No es aplicable en sótanos. Para pisos de altura diferente multiplicar los valores anteriores por $(h_n/h_t)$ donde $h_n$ es altura diferente de piso y $h_t$ es la altura típica de piso.
<b>Irregularidad de Masa</b> Se considera que existe irregularidad de masa, cuando la masa de un piso es mayor que el 150% de la masa de un piso adyacente. No es aplicable en azoteas
<b>Irregularidad Geométrica Vertical</b> La dimensión en planta de la estructura resistente a cargas laterales es mayor que 130% de la correspondiente dimensión en un piso adyacente. No es aplicable en azoteas ni en sótanos.
<b>Discontinuidad en los Sistemas Resistentes</b> Desalineamiento de elementos verticales, tanto por un cambio de orientación, como por un desplazamiento de magnitud mayor que la dimensión del elemento.

<b>Irregularidad Torsional</b> Se considerará sólo en edificios con diafragmas rígidos en los que el desplazamiento promedio de algún entrepiso exceda del 50% del máximo permitido indicado en la Tabla N° 8 del Artículo 15 (15.1). En cualquiera de las direcciones de análisis, el desplazamiento relativo máximo entre dos pisos consecutivos, en un extremo del edificio, es mayor que 1,3 veces el promedio de este desplazamiento relativo máximo con el desplazamiento relativo que simultáneamente se obtiene en el extremo opuesto.
<b>Esquinas Entrantes</b> La configuración en planta y el sistema resistente de la estructura, tienen esquinas entrantes, cuyas dimensiones en ambas direcciones, son mayores que el 20 % de la correspondiente dimensión total en planta.
<b>Discontinuidad del Diafragma</b> Diafragma con discontinuidades abruptas o variaciones en rigidez, incluyendo áreas abiertas mayores a 50% del área bruta del diafragma.

**Artículo 12.- Sistemas Estructurales**

Los sistemas estructurales se clasificarán según los materiales usados y el sistema de estructuración sismorresistente predominante en cada dirección tal como se indica en la Tabla N° 6.

Según la clasificación que se haga de una edificación se usará un coeficiente de reducción de fuerza sísmica (R). Para el diseño por resistencia última las fuerzas sísmicas internas deben combinarse con factores de carga unitarios. En caso contrario podrá usarse como (R) los valores establecidos en Tabla N° 6 previa multiplicación por el factor de carga de sismo correspondiente.

Sistema Estructural	Coefficiente de Reducción, R Para estructuras regulares (*) (**)
Acero	9,5
Pórticos dúctiles con uniones resistentes a momentos.	
Otras estructuras de acero:	
Amiosres Excéntricos	6,5
Amiosres en Cruz	6,0
Concreto Armado	8
Pórticos <sup>1)</sup>	
Dual <sup>2)</sup>	
De muros estructurales <sup>3)</sup>	
Muros de ductilidad limitada <sup>4)</sup>	
Albañería Armada o Concreta <sup>5)</sup>	3
Madera (Por esfuerzos admisibles)	7

1. Por lo menos el 80% del cortante en la base actúa sobre las columnas de los pórticos que cumplan los requisitos de la NTE E.060 Concreto Armado. En caso se tengan muros estructurales, estos deberán diseñarse para resistir una fracción de la acción sísmica total de acuerdo con su rigidez.

2. Las acciones sísmicas son resistidas por una combinación de pórticos y muros estructurales. Los pórticos deberán ser diseñados para tomar por lo menos 25% del cortante en la base. Los muros estructura-les serán diseñados para las fuerzas obtenidas del análisis según Artículo (16.2)

3. Sistema en el que la resistencia sísmica está dada predominantemente por muros estructurales sobre los que actúa por lo menos el 80% del cortante en la base.

4. Edificación de baja altura con alta densidad de muros de ductilidad limitada.

5. Para diseño por esfuerzos admisibles el valor de R será 6

(\*) Estos coeficientes se aplicarán únicamente a estructuras en las que los elementos verticales y horizontales permitan la disipación de la energía manteniendo la estabilidad de la estructura. No se aplican a estructuras tipo péndulo invertido.

(\*\*) Para estructuras irregulares, los valores de R deben ser tomados como 3/4 de los anotados en la Tabla.

Para construcciones de tierra referirse a la NTE E.080 Adobe. Este tipo de construcciones no se recomienda en suelos  $S_3$ , ni se permite en suelos  $S_4$ .

### Artículo 13.- Categoría, Sistema Estructural y Regularidad de las Edificaciones

De acuerdo a la categoría de una edificación y la zona donde se ubique, ésta deberá proyectarse observando las características de regularidad y empleando el sistema estructural que se indica en la Tabla N° 7.

Categoría de la Edificación	Regularidad Estructural	Zona	Sistema Estructural
A (*) (**)	Regular	3	Aceró, Muros de Concreto Armado, Albañilería Armada o Confinada, Sistema Dual
		2 y 1	Aceró, Muros de Concreto Armado, Albañilería Armada o Confinada, Sistema Dual, Madera
B	Regular Irregular	3 y 2	Aceró, Muros de Concreto Armado, Albañilería Armada o Confinada, Sistema Dual, Madera
		1	Cualquier sistema.
C	Regular Irregular	3, 2 y 1	Cualquier sistema.

(\*) Para lograr los objetivos indicados en la Tabla N°3, la edificación será especialmente estructurada para resistir sismos severos.

(\*\*) Para pequeñas construcciones rurales, como escuelas y postas médicas, se podrá usar materiales tradicionales siguiendo las recomendaciones de las normas correspondientes a dichos materiales.

### Artículo 14.- Procedimientos de Análisis

14.1. Cualquier estructura puede ser diseñada usando resultados de los análisis dinámicos referidos en el Artículo 18.

14.2. Las estructuras clasificadas como regulares según el artículo 10 de no más de 45 m de altura y las estructuras de muros portantes de no más de 15 m de altura, aún cuando sean irregulares, podrán analizarse mediante el procedimiento de fuerzas estáticas equivalentes del Artículo 17.

### Artículo 15.- Desplazamientos Laterales

#### 15.1. Desplazamientos Laterales Permisibles

El máximo desplazamiento relativo de entrepiso, calculado según el Artículo 16 (16.4), no deberá exceder la fracción de la altura de entrepiso que se indica en la Tabla N° 8.

Material Predominante	( $D_i/h_{ei}$ )
Concreto Armado	0,007
Aceró	0,010
Albañilería	0,005
Madera	0,010

#### 15.2. Junta de Separación sísmica (s)

Toda estructura debe estar separada de las estructuras vecinas una distancia mínima  $s$  para evitar el contacto durante un movimiento sísmico.

Esta distancia mínima no será menor que los 2/3 de la suma de los desplazamientos máximos de los bloques adyacentes ni menor que:

$$s \geq 3,0, 0,04 \cdot h - 500, \quad (h \text{ y } s \text{ en centímetros})$$

$$s > 3 \text{ cm}$$

donde  $h$  es la altura medida desde el nivel del terreno natural hasta el nivel considerado para evaluar  $s$ .

El Edificio se retirará de los límites de propiedad adyacentes a otros lotes edificables, o con edificaciones, distancias no menores que 2/3 del desplazamiento máximo calculado según Artículo 16 (16.4) ni menores que  $s/2$ .

#### 15.3. Estabilidad del Edificio

Deberá considerarse el efecto de la excentricidad de la carga vertical producida por los desplazamientos laterales de la edificación, (efecto P-delta) según se establece en el Artículo 16 (16.5).

La estabilidad al volteo del conjunto se verificará según se indica en el Artículo 21.

## CAPÍTULO IV ANÁLISIS DE EDIFICIOS

### Artículo 16.- Generalidades

#### 16.1. Solicitaciones Sísmicas y Análisis

En concordancia con los principios de diseño sismorresistente del Artículo 3, se acepta que las edificaciones tendrán incursiones inelásticas frente a sollicitaciones sísmicas severas. Por tanto las sollicitaciones sísmicas de diseño se consideran como una fracción de la sollicitación sísmica máxima elástica.

El análisis podrá desarrollarse usando las sollicitaciones sísmicas reducidas con un modelo de comportamiento elástico para la estructura.

#### 16.2. Modelos para Análisis de Edificios

El modelo para el análisis deberá considerar una distribución espacial de masas y rigidez que sean adecuadas para calcular los aspectos más significativos del comportamiento dinámico de la estructura.

Para edificios en los que se pueda razonablemente suponer que los sistemas de piso funcionan como diafragmas rígidos, se podrá usar un modelo con masas concentradas y tres grados de libertad por diafragma, asociados a dos componentes ortogonales de traslación horizontal y una rotación. En tal caso, las deformaciones de los elementos deberán compatibilizarse mediante la condición de diafragma rígido y la distribución en planta de las fuerzas horizontales deberá hacerse en función a las rigideces de los elementos resistentes.

Deberá verificarse que los diafragmas tengan la rigidez y resistencia suficientes para asegurar la distribución mencionada, en caso contrario, deberá tomarse en cuenta su flexibilidad para la distribución de las fuerzas sísmicas.

Para los pisos que no constituyan diafragmas rígidos, los elementos resistentes serán diseñados para las fuerzas horizontales que directamente les corresponde.

#### 16.3. Peso de la Edificación

El peso ( $P$ ), se calculará adicionando a la carga permanente y total de la Edificación un porcentaje de la carga viva o sobrecarga que se determinará de la siguiente manera:

- En edificaciones de las categorías A y B, se tomará el 50% de la carga viva.
- En edificaciones de la categoría C, se tomará el 25% de la carga viva.
- En depósitos, el 80% del peso total que es posible almacenar.
- En azoteas y techos en general se tomará el 25% de la carga viva.
- En estructuras de tanques, silos y estructuras similares se considerará el 100% de la carga que puede contener.

#### 16.4. Desplazamientos Laterales

Los desplazamientos laterales se calcularán multiplicando por 0,75R los resultados obtenidos del análisis lineal y

**ANEXO N° 1**  
**ZONIFICACIÓN SÍSMICA**

Las zonas sísmicas en que se divide el territorio peruano, para fines de esta Norma se muestran en la Figura 1 del Artículo 5.

A continuación se especifican las provincias de cada zona.

**Zona 1**

1. Departamento de Loreto. Provincias de Mariscal Ramón Castilla, Maynas y Requena.
2. Departamento de Ucayali. Provincia de Purús.
3. Departamento de Madre de Dios. Provincia de Tahuamanú.

**Zona 2**

1. Departamento de Loreto. Provincias de Loreto, Alto Amazonas y Ucayali.
2. Departamento de Amazonas. Todas las provincias.
3. Departamento de San Martín. Todas las provincias.
4. Departamento de Huánuco. Todas las provincias.
5. Departamento de Ucayali. Provincias de Coronel Portillo, Atalaya y Padre Abad.
6. Departamento de Pasco. Todas las provincias.
7. Departamento de Junín. Todas las provincias.
8. Departamento de Huancavelica. Provincias de Acobamba, Angaraes, Churcampa, Tayacaja y Huancavelica.
9. Departamento de Ayacucho. Provincias de Sucre, Huamanga, Huanta y Vilcashuamán.
10. Departamento de Apurímac. Todas las provincias.
11. Departamento de Cusco. Todas las provincias.
12. Departamento de Madre de Dios. Provincias de Tambopata y Manú.
13. Departamento de Puño. Todas las provincias.

**Zona 3**

1. Departamento de Tumbes. Todas las provincias.
2. Departamento de Piura. Todas las provincias.
3. Departamento de Cajamarca. Todas las provincias.
4. Departamento de Lambayeque. Todas las provincias.
5. Departamento de La Libertad. Todas las provincias.
6. Departamento de Ancash. Todas las provincias.
7. Departamento de Lima. Todas las provincias.
8. Provincia Constitucional del Callao.
9. Departamento de Ica. Todas las provincias.
10. Departamento de Huancavelica. Provincias de Castrovirreyna y Huaytará.
11. Departamento de Ayacucho. Provincias de Cangallo, Huanca Sancos, Lucanas, Víctor Fajardo, Parinacochas y Paucar del Sara Sara.
12. Departamento de Arequipa. Todas las provincias.
13. Departamento de Moquegua. Todas las provincias.
14. Departamento de Tacna. Todas las provincias.

## COSTO DE FABRICACION DE LA FAJA TRANSPORTADORA

### 1. Metrado de materiales de la estructura.

Los materiales son de origen peruano producidos en las empresas Acero Arequipa y SiderPeru comercializado por la empresa TRADI S.A. que es el manual que nos basaremos para el peso de cada uno de los perfiles.

#### 1.1 Planchas y perfiles estructurales

Descripción	Cant.	kg/m – kg / PL	Peso total
L 2 ½" x 2 ½" x 3/8"	9.0	8.78	474.12
C 4" x 7.25	10	10.8	648.0
L 1 ½" x 1 ½" x 3/16"	0.75	2.68	12.06
Z 4" x 2"	0.5	7.48	22.44
W 6" x 15	4.0	22.32	532.8
PL ¼" x 4" x 8"	0.5	13.56	27.12
PL D6G	2	36	72

Peso total de estructura metálica sin incluir poleas (motriz, de carga, retorno y de impacto) y equipos instalados: 2982.5 kg.

#### 1.2 Pernos

Pernos completos con arandela doble y tuerca.

Descripción	Cant.	kg/und	Peso total
½" x 1 ½"	100	0.12	12.0
¾" x 1 ½"	40	0.25	10.0
¾" x 2"	60	0.28	16.8

Peso total en pernería: 38.8 kg.

#### 1.3 Pintura

Base epoxica rendimiento 25 gl./m<sup>2</sup>

Esmalte de acabado rendimiento 25 gl./m<sup>2</sup>

Thiner rendimiento 4 gl./m<sup>2</sup>.

Calculo del área:

Descripción	Cant.	Área m <sup>2</sup>	Área total
L 2 ½" x 2 ½" x 3/8"	9.0	0.76	6.86
C 4" x 7.25	10	1.22	12.2
L 1 ½" x 1 ½" x 3/16"	0.75	0.46	0.35
Z 4" x 2"	0.5	2.4	1.20
W 6" x 15	4.0	3.05	12.2
PL ¼" x 4" x 8"	0.5	7.00	3.50

Área total: 36.41 m<sup>2</sup>

Base epoxica rendimiento 2.5 galones.

Esmalte de acabado rendimiento 1.5 galones.

Thiner rendimiento 9.5 galones.

## 2. Costo de materiales

### 2.1 Perfiles estructurales

Los costos de fabricación por tonelada en el Perú actualmente es de

2500 (dólares americanos)

Peso Estructura	Costo / Tn.	Costo Total
2982.5 kg.	2500	\$ 7.456

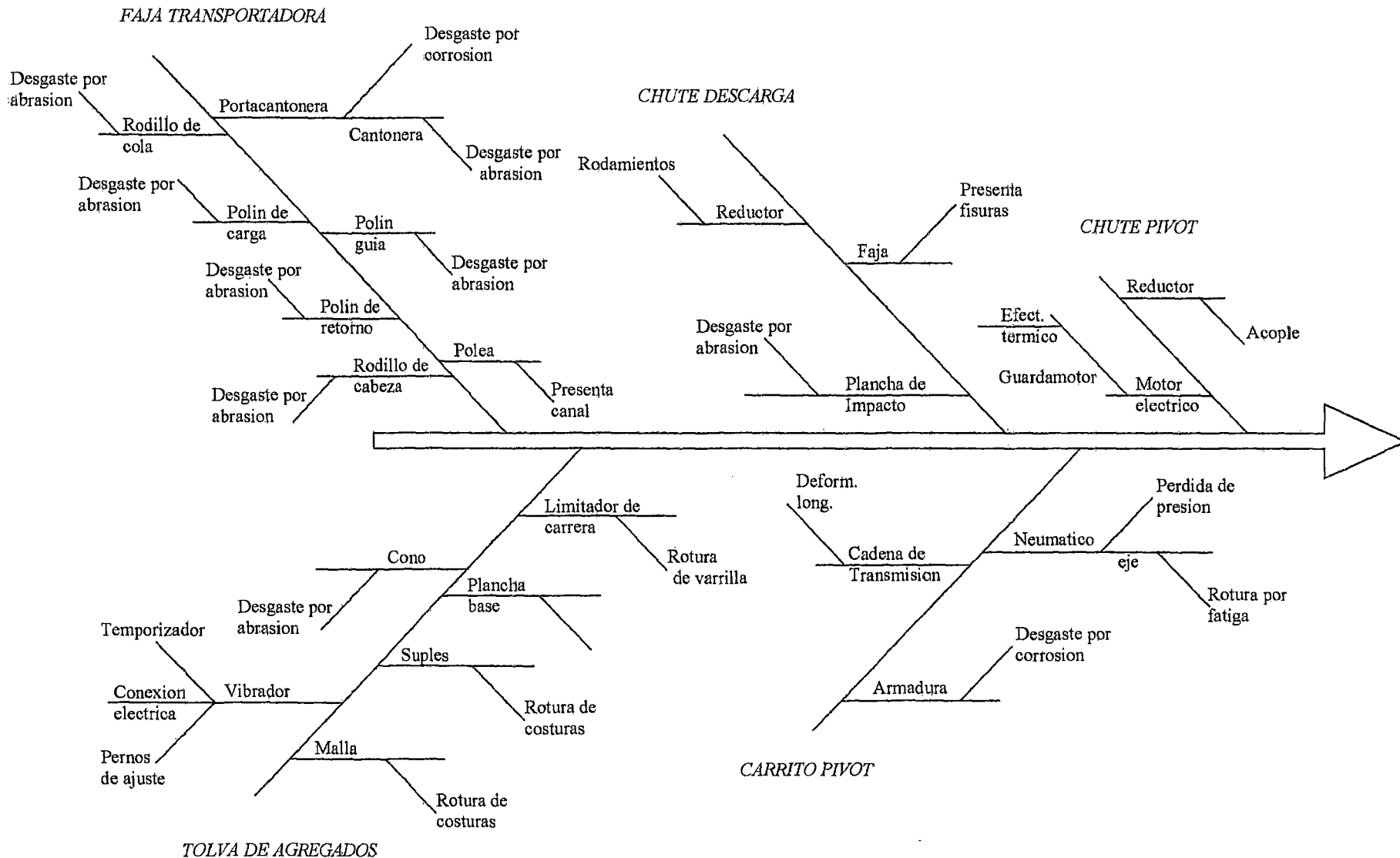
### 2.2 Pintura

Descripción	Marca	Costo \$
Esmalte de acabado 1 gal.	Sherwin Willians	38.00
Base epoxica 1 gal.	Anysa	7.50
Thiner 1 gal	Sodimac	7.00
Removedor de grasa 1 lt.	Sodimac	4.20
Waype de paño ½ kg.	Sodimac	0.80

Costo de pintado de estructura:

$$\$38.00 \times 1.5 + \$7.50 \times 2.5 + \$7.00 \times 9.5 = \$ 180.25$$

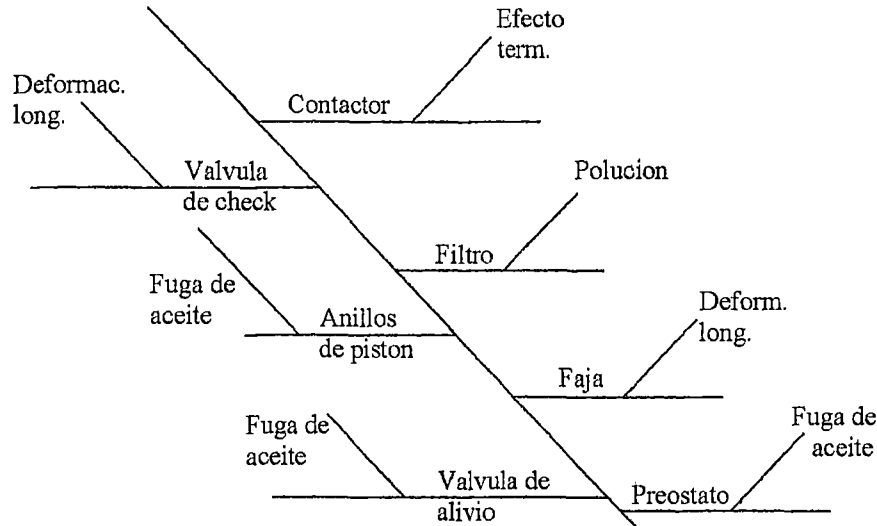
# FAJA DE ALIMENTACION



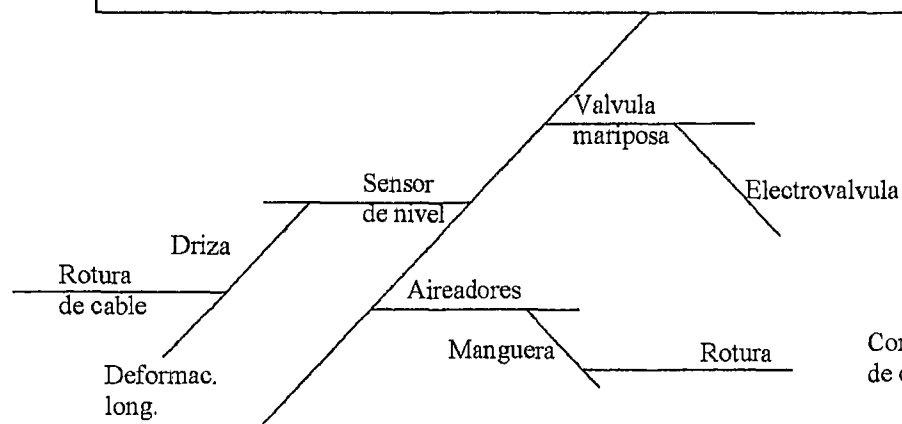
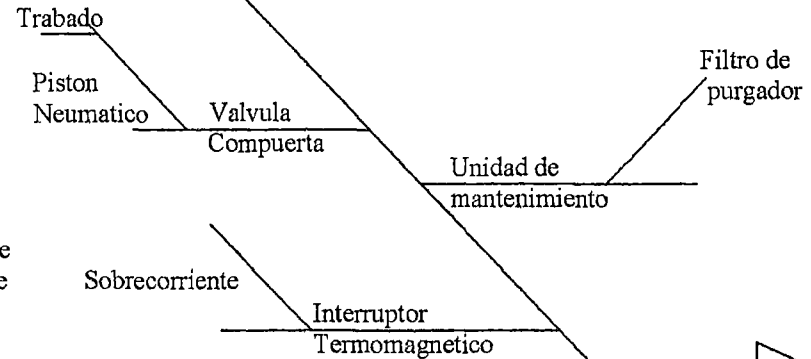


# BALANZA DE CEMENTO

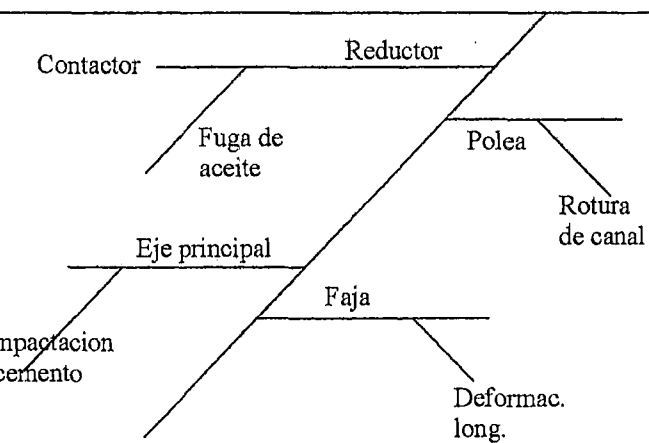
COMPRESORA DE CEMENTO



COMPUERTA

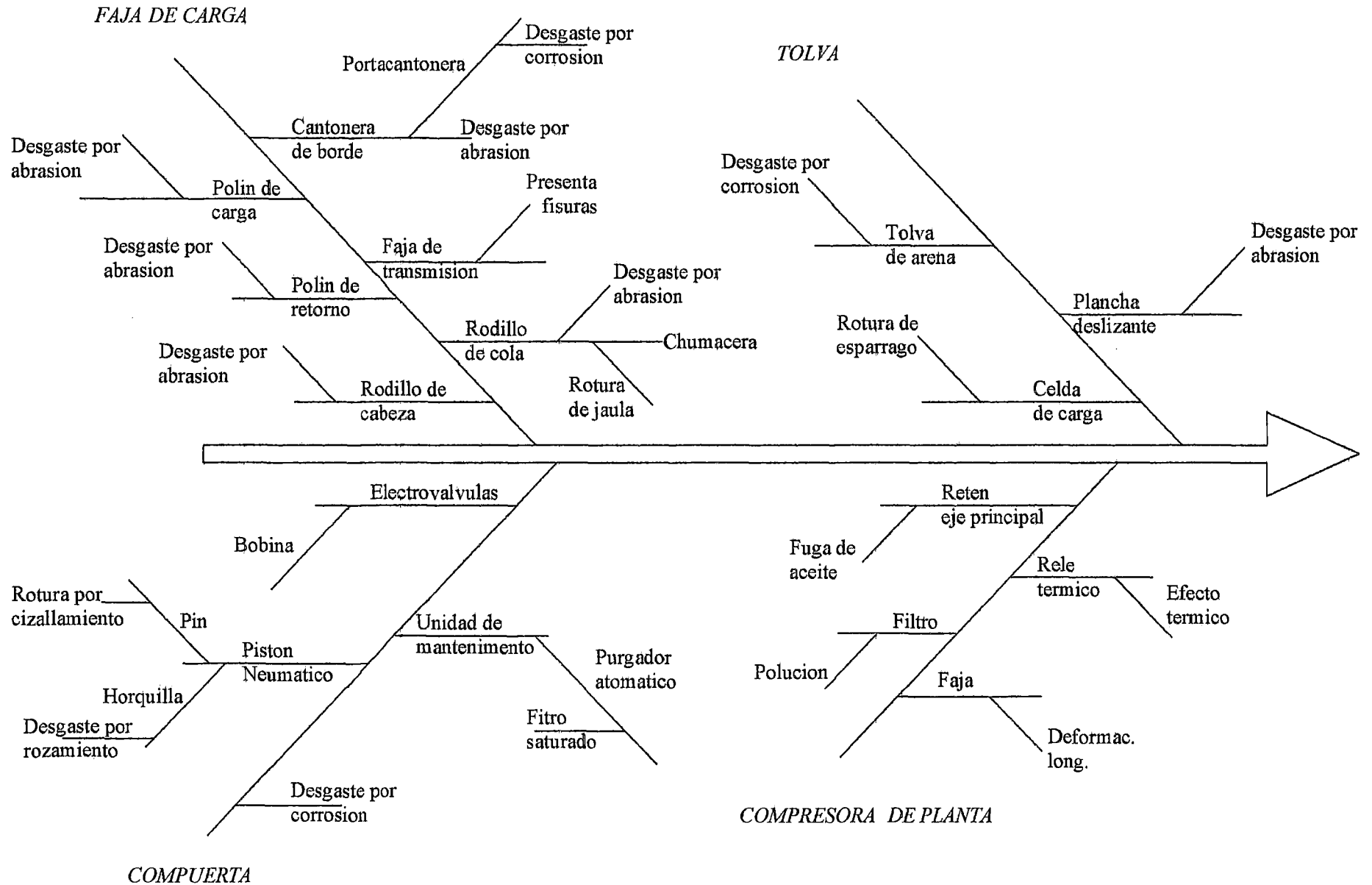


SILO DE CEMENTO

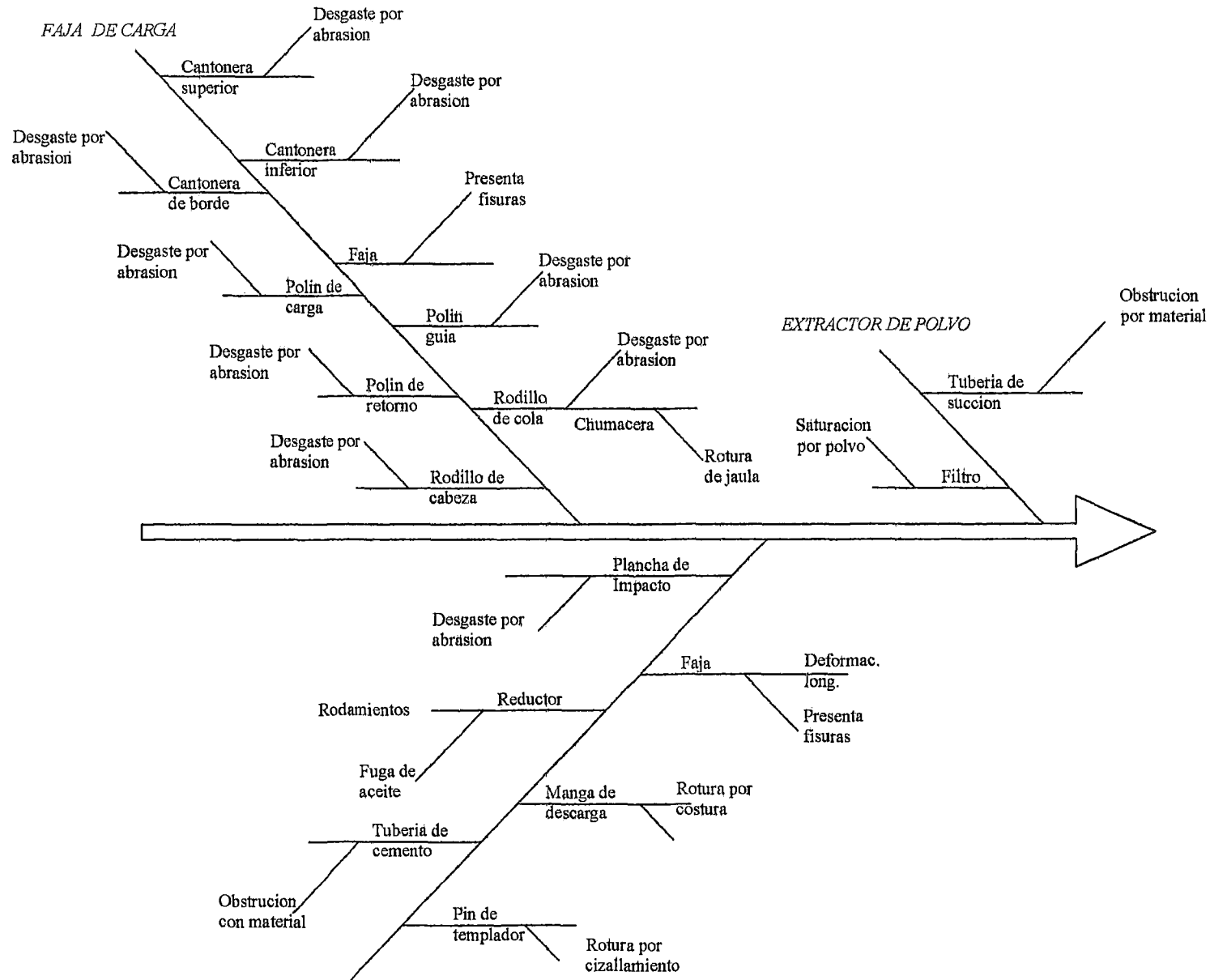


TRANSPORTADOR HELICOIDAL

# BALANZA DE AGREGADOS

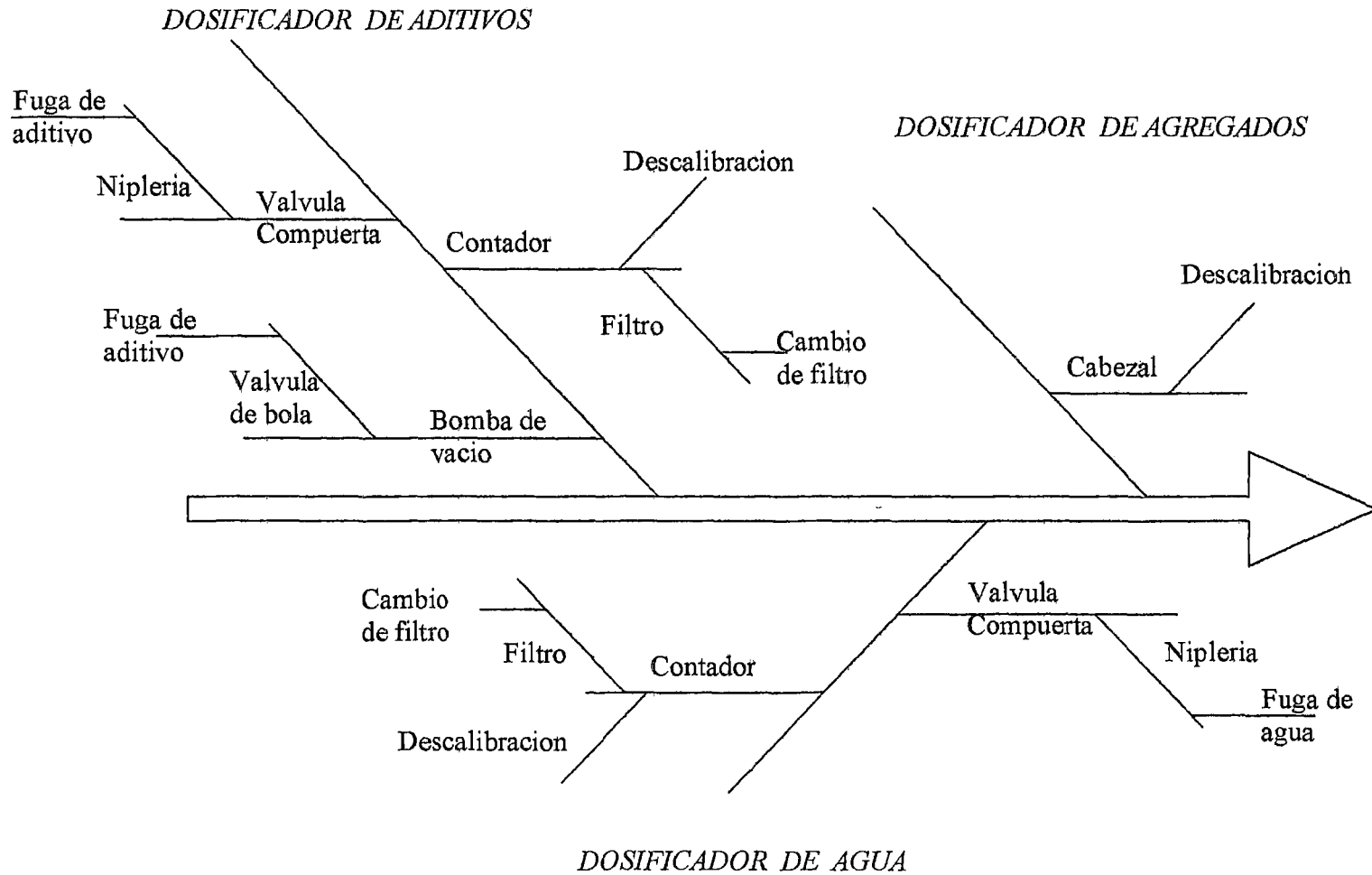


# FAJA DE DESCARGA



CHUTE DESCARGA

# SISTEMA DE AUTOCONTROL



## material classification

### Preface to Material Table

The Material Characteristics Table 4 lists a wide range of bulk materials that can be handled in screw conveyors. The table shows the first column the range of density that can be experienced in handling that material. The "as conveyed" density is not specifically shown but is often assumed to be at or near the minimum.

The next column shows the material code number. This consists of the average density, the usual size designation, the flowability number, the abrasive number followed by those material characteristics which are termed conveyability hazards.

The component series column refers to selection of conveyor components as used in Tables 9, 10, 11, & 12 on pages 39 and 40.

A very fine 100 mesh material with an average density of 50 lbs. per cubic foot that has average flowability and is moderately abrasive would have a material code 50A<sub>100</sub>36. If this material was very dusty and mildly corrosive the number would be 50 A<sub>100</sub>36LT.

The Material Factor is used in the horsepower formula to determine the horsepower to operate a horizontal screw conveyor. The calculation of horsepower is described on page 41.

The Material Characteristics Table is a guide only. The material code, and the material factor Fm are based on experience. A specific material sample may have properties that vary from those shown in the table. The range of densities will also vary depending on moisture content as well as its source.

**Table 3 Material Classification Code Chart**

Major Class	Material Characteristics Included	Code Designation
Density	Bulk Density, Loose	Actual lbs./ft <sup>3</sup>
Size	Very Fine No. 200 Sieve (.0029") And Under No. 100 Sieve (.0059") And Under No. 40 Sieve (.016") And Under	A <sub>100</sub> A <sub>100</sub> A <sub>40</sub>
	Fine No. 6 Sieve (.132") And Under	B <sub>6</sub>
	Granular ½" And Under	C <sub>½</sub>
	Granular 3" And Under	D <sub>3</sub>
	(*)Lumpy Over 3" To Be Special X = Actual Maximum Size	D <sub>x</sub>
Irregular Stringy, Fibrous, Cylindrical, Slabs, etc.	E	
Flowability	Very Free Flowing—Flow Function > 10	1
	Free Flowing—Flow Function > 4 But < 10	2
	Average Flowability—Flow Function > 2 But < 4	3
	Sluggish—Flow Function < 2	4
Abrasiveness	Mildly Abrasive—Index 1-17	5
	Moderately Abrasive—Index 18-67	6
	Extremely Abrasive—Index 68—416	7
Miscellaneous Properties Or Hazards	Builds Up and Hardens	F
	Generates Static Electricity	G
	Decomposes—Deteriorates in Storage	H
	Flammability	J
	Becomes Plastic or Tends to Soften	K
	Very Dusty	L
	Aerates and Becomes Fluid	M
	Explosiveness	N
	Stickiness-Adhesion	O
	Contaminable, Affecting Use	P
	Degradable, Affecting Use	Q
	Gives Off Harmful or Toxic Gas or Fumes	R
	Highly Corrosive	S
	Mildly Corrosive	T
	Hygroscopic	U
	Interlocks, Mats or Agglomerates	V
	Oils Present	W
	Packs Under Pressure	X
	Very Light and Fluffy—May Be Windswept	Y
	Elevated Temperature	Z

(\*) Refer to page 36 for lump size limitations.

material classification

Table 4 Material Characteristics				
Material	Weight lbs/HP	Material Code	Component Series	Mot'L Factor Fm
Adipic Acid	45	45A <sub>100</sub> 35	2B	.5
Alfalfa Meal	14-22	18B <sub>6</sub> 45WY	2D	.6
Alfalfa Pellets	41-43	42C <sub>3</sub> 25	2D	.5
Alfalfa Seed	10-15	13B <sub>6</sub> 15N	1A-1B-1C	.4
Almonds, Broken	27-30	29C <sub>3</sub> 35Q	2D	.9
Almonds, Whole Shelled	28-30	29C <sub>3</sub> 35Q	2D	.9
Alum, Fine	45-50	48B <sub>6</sub> 35U	1A-1B-1C	.8
Alum, Lumpy	50-60	55B <sub>6</sub> 25	2A-2B	1.4
Alumina	55-85	58B <sub>6</sub> 27MY	3D	1.8
Alumina Fines	35	35A <sub>100</sub> 27MY	3D	1.8
Alumina Sized or Briquette	65	65D <sub>3</sub> 37	3D	2.0
Aluminate Gel (Aluminate Hydroxide)	45	45B <sub>6</sub> 35	2D	1.7
Aluminum Chips, Dry	7-15	11E45V	2D	1.2
Aluminum Chips, Oily	7-15	11E45V	2D	.8
Aluminum Hydrate	13-20	17C <sub>3</sub> 35	1A-1B-1C	1.4
Aluminum Ore (See Bauxite)	—	—	—	—
Aluminum Oxide	60-120	90A <sub>100</sub> 17M	3D	1.8
Aluminum Silicate (Andalusite)	49	49C <sub>3</sub> 35S	3A-3B	.8
Aluminum Sulfate	45-55	52C <sub>3</sub> 25	1A-1B-1C	1.0
Ammonium Chloride, Crystalline	45-52	48A <sub>100</sub> 45FFRS	3A-3B	.7
Ammonium Nitrate	45-52	54A <sub>40</sub> 35NTU	3D	1.8
Ammonium Sulfate	45-55	52C <sub>3</sub> 35FOTU	1A-1B-1C	1.0
Antimony Powder	—	A <sub>100</sub> 35	2D	1.6
Apple Pomace, Dry	15	15C <sub>3</sub> 45Y	2D	1.0
Arsenate of Lead (See Lead Arsenate)	—	—	—	—
Arsenic Oxide (Arsenolite)*	100-120	110A <sub>100</sub> 35R	—	—
Arsenic Pulverized	30	30A <sub>100</sub> 25R	2D	.8
Asbestos-Rock (Ore)	81	81D <sub>3</sub> 37R	3D	1.2
Asbestos-Shredded	20-40	30E46XY	2D	1.0
Ash, Black Ground	105	105B <sub>6</sub> 35	1A-1B-1C	2.0
Ashes, Coal, Dry—½"	35-45	40C <sub>3</sub> 48TY	3D	3.0
Ashes, Coal, Dry—3"	35-40	38D <sub>3</sub> 48T	3D	2.5
Ashes, Coal, Wet—½"	45-50	45C <sub>3</sub> 48T	3D	3.0
Ashes, Coal, Wet—3"	45-50	48D <sub>3</sub> 48T	3D	4.0
Ashes, Fly (See Fly Ash)	—	—	—	—
Asphalt, Crushed—½"	45	45C <sub>3</sub> 45	1A-1B-1C	2.0
Bagasse	7-10	9E45RVXY	2A-2B-2C	1.5
Bakelite, Fine	30-45	38B <sub>6</sub> 25	1A-1B-1C	1.4
Baking Powder	40-55	48A <sub>100</sub> 35	1B	.6
Baking Soda (Sodium Bicarbonate)	40-55	48A <sub>100</sub> 25	1B	.6
Baryte (Barium Sulfate) + ½" -3"	120-180	150D <sub>3</sub> 36	3D	2.6
Baryte, Powder	120-180	150A <sub>100</sub> 35X	2D	2.0
Barium Carbonate	72	72A <sub>100</sub> 45R	2D	1.6
Bark, Wood, Refuse	10-20	15E45TVY	3D	2.0
Barley, Fine, Ground	24-35	31B <sub>6</sub> 35	1A-1B-1C	.4
Barley, Malted	31	31C <sub>3</sub> 35	1A-1B-1C	.4
Barley, Meal	28	28C <sub>3</sub> 35	1A-1B-1C	.4
Barley, Whole	36-48	42B <sub>6</sub> 25N	1A-1B-1C	.5
Basalt	80-105	93B <sub>6</sub> 27	3D	1.8
Bauxite, Dry, Ground	68	68B <sub>6</sub> 25	2D	1.8
Bauxite, Crushed—3"	75-85	80D <sub>3</sub> 36	3D	2.5
Beans, Castor, Meal	35-40	38B <sub>6</sub> 25W	1A-1B-1C	.8
Beans, Castor, Whole Shelled	38	38C <sub>3</sub> 15W	1A-1B-1C	.5
Beans, Navy, Dry	48	48C <sub>3</sub> 15	1A-1B-1C	.5
Beans, Navy, Sleeped	60	60C <sub>3</sub> 25	1A-1B-1C	.8

(\*Consult FMC

## material classification

Table 4 (cont'd) Material Characteristics				
Material	Weight lb/ft <sup>3</sup>	Material Code	Component Series	Mat'l. Factor Fm
Bentonite, Crude	34-40	37D <sub>3</sub> 45X	2D	1.2
Bentonite, - 100 Mesh	50-60	55A <sub>100</sub> 25MX	2D	.7
Benzene Hexachloride	56	58A <sub>100</sub> 45R	1A-1B-1C	.6
Bicarbonate of Soda (Baking Soda)	—	—	1B	.6
Blood, Dried	35-45	40D <sub>3</sub> 45U	2D	2.0
Blood, Ground, Dried	30	30A <sub>100</sub> 35U	1A-1B	1.0
Bone Ash (Tricalcium Phosphate)	40-50	45A <sub>100</sub> 45	1A-1B	1.6
Boneblack	20-25	23A <sub>100</sub> 25Y	1A-1B	1.5
Bonechar	27-40	34B <sub>3</sub> 35	1A-1B	1.6
Bonemeal	50-60	55B <sub>3</sub> 35	2D	1.7
Bones, Whole(*)	35-50	43E45V	2D	3.0
Bones, Crushed	35-50	43D <sub>3</sub> 45	2D	2.0
Bones, Ground	50	50B <sub>3</sub> 35	2D	1.7
Borate of Lime	60	60A <sub>100</sub> 35	1A-1B-1C	.6
Borax, Fine	45-55	50B <sub>3</sub> 25T	3D	.7
Borax Screening - 1/2"	55-60	58C <sub>3</sub> 35	2D	1.5
Borax, 1 1/2"-2" Lump	55-60	58D <sub>3</sub> 35	2D	1.8
Borax, 2"-3" Lump	60-70	65D <sub>3</sub> 35	2D	2.0
Boric Acid, Fine	55	55B <sub>3</sub> 25T	3D	.8
Boron	75	75A <sub>100</sub> 37	2D	1.0
Bran, Rice-Rye-Wheat	16-20	18B <sub>3</sub> 35NY	1A-1B-1C	.5
Braunite (Manganese Oxide)	120	120A <sub>100</sub> 38	2D	2.0
Bread Crumbs	20-25	23B <sub>3</sub> 35PD	1A-1B-1C	.6
Brewer's Grain, spent, dry	14-30	22C <sub>3</sub> 45	1A-1B-1C	.5
Brewer's Grain, spent, wet	55-60	58C <sub>3</sub> 45T	2A-2B	.8
Brick, Ground - 1/2"	100-120	110B <sub>3</sub> 37	3D	2.2
Bronze Chips	30-50	40B <sub>3</sub> 45	2D	2.0
Buckwheat	37-42	40B <sub>3</sub> 25N	1A-1B-1C	.4
Calcine, Flour	75-85	80A <sub>100</sub> 35	1A-1B-1C	.7
Calcium Carbide	70-90	80D <sub>3</sub> 25N	2D	2.0
Calcium Carbonate (See Limestone)	—	—	—	—
Calcium Fluoride (See Fluorspar)	—	—	—	—
Calcium Hydroxide (See Lime, Hydrated)	—	—	—	—
Calcium Hydroxide (See Lime, Hydrated)	—	—	—	—
Calcium Lactate	26-29	28D <sub>3</sub> 45QTR	2A-2B	.6
Calcium Oxide (See Lime, unslaked)	—	—	—	—
Calcium Phosphate	40-50	45A <sub>100</sub> 45	1A-1B-1C	1.6
Calcium Sulfate (See Gypsum)	—	—	—	—
Carbon, Activated, Dry, Fine(*)	—	—	—	—
Carbon Black, Pelleted(*)	—	—	—	—
Carbon Black, Powder(*)	—	—	—	—
Carborundum	100	100D <sub>3</sub> 27	3D	3.0
Cassia	38	38B <sub>3</sub> 35	2D	1.6
Cashew Nuts	32-37	35C <sub>3</sub> 45	2D	.7
Cast Iron, Chips	130-200	165C <sub>3</sub> 45	2D	4.0
Caustic Soda	88	88B <sub>3</sub> 35RSU	3D	1.8
Caustic Soda, Flakes	47	47C <sub>3</sub> 45RSUX	3A-3B	1.5
Colloids (See Diatomaceous Earth)	—	—	—	—
Cement, Clinker	75-85	85D <sub>3</sub> 36	2D	1.8
Cement, Mortar	133	133B <sub>3</sub> 35Q	3D	3.0
Cement, Portland	94	94A <sub>100</sub> 26M	2D	1.4
Cement, Aerated (Portland)	60-75	63A <sub>100</sub> 16M	2D	1.4

(\*)Consult FMC

# material classification

Table 4 (cont'd) Material Characteristics				
Material	Weight lbs/ft <sup>3</sup>	Material Code	Component Series	Matl. Factor Fm
Cerussite (See Lead Carbonate)	—	—	—	—
Chalk, Crushed	75-85	85D <sub>3</sub> 25	2D	1.9
Chalk, Pulverized	67-75	71A <sub>100</sub> 25MXY	2D	1.4
Charcoal, Ground	18-28	23A <sub>100</sub> 45	2D	1.2
Charcoal, Lumps	18-28	23D <sub>3</sub> 45Q	2D	1.4
Chocolate, Cake Pressed	40-45	43D <sub>3</sub> 25	2B	1.5
Chrome Ore	125-140	133D <sub>3</sub> 36	3D	2.5
Cinders, Blast Furnace	57	57D <sub>3</sub> 36T	3D	1.9
Cinders, Coal	40	40D <sub>3</sub> 36T	3D	1.8
Clay (See Bentonite, Diatomaceous Earth, Fuller's Earth, Kaolin & Marl)	—	—	—	—
Clay, Ceramic, Dry, Fines	60-80	70A <sub>100</sub> 35P	1A-1B-1C	1.5
Clay, Calcined	80-100	80B <sub>8</sub> 36	3D	2.4
Clay, Brick, Dry, Fines	100-120	110C <sub>3</sub> 36	3D	2.0
Clay, Dry, Lumpy	60-75	68D <sub>3</sub> 36	2D	1.8
Clinker, Cement (See Cement Clinker)	—	—	—	—
Clover Seed	45-48	47B <sub>7</sub> 25N	1A-1B-1C	.4
Coal, Anthracite (River & Cullm)	55-61	60B <sub>8</sub> 35TY	2A-2B	1.0
Coal, Anthracite, Sized = 1/8"	49-61	55C <sub>3</sub> 25	2A-2B	1.0
Coal, Bituminous, Mined	40-60	50D <sub>3</sub> 35LNXY	1A-1B	.9
Coal, Bituminous, Mined, Sized	45-60	48D <sub>3</sub> 35QV	1A-1B	1.0
Coal, Bituminous, Mined, Slack	43-60	47C <sub>3</sub> 45T	2A-2B	.9
Coal, Lignite	37-45	41D <sub>3</sub> 35T	2D	1.0
Cocoa Beans	30-45	38C <sub>3</sub> 25Q	1A-1B	.5
Cocoa, Nibs	35	35C <sub>3</sub> 25	2D	.5
Cocoa, Powdered	30-35	33A <sub>100</sub> 45XY	1B	.9
Cocconut, Shredded	20-22	21E45	2B	1.5
Coffee, Chaff	20	20B <sub>8</sub> 25MY	1A-1B	1.0
Coffee, Green Bean	25-32	29C <sub>3</sub> 25PQ	1A-1B	.5
Coffee, Ground, Dry	25	25A <sub>40</sub> 35P	1A-1B	.6
Coffee, Ground, Wet	35-45	40A <sub>40</sub> 45X	1A-1B	.6
Coffee, Roasted Bean	20-30	25C <sub>3</sub> 25PQ	1B	.4
Coffee, Soluble	19	19A <sub>40</sub> 35PUY	1B	.4
Coke, Breeze	25-35	30C <sub>3</sub> 37	3D	1.2
Coke, Loose	23-35	30D <sub>3</sub> 37	3D	1.2
Coke, Petrol, Calcined	35-45	40D <sub>3</sub> 37	3D	1.3
Compost	30-50	40D <sub>3</sub> 45TV	3A-3B	1.0
Concrete, Pre-Mix Dry	85-120	105C <sub>3</sub> 36U	3D	3.0
Copper Ore	120-150	135D <sub>3</sub> 36	3D	4.0
Copper Ore, Crushed	100-150	125D <sub>3</sub> 36	3D	4.0
Copper Sulphate, (Bluestone)	75-85	85C <sub>3</sub> 35S	2A-2B-2C	1.0
Copperas (See Ferrous Sulphate)	—	—	—	—
Copra, Cake Ground	40-45	43B <sub>7</sub> 45HW	1A-1B-1C	.7
Copra, Cake, Lumpy	25-30	28D <sub>3</sub> 35HW	2A-2B-2C	.8
Copra, Lumpy	22	22E35HW	2A-2B-2C	1.0
Copra, Meal	40-45	42B <sub>8</sub> 35HW	2D	.7
Cork, Fine Ground	5-15	10B <sub>8</sub> 35JNY	1A-1B-1C	.5
Cork, Granulated	12-15	14C <sub>3</sub> 35JY	1A-1B-1C	.5
Corn, Cracked	40-60	45B <sub>8</sub> 25P	1A-1B-1C	.7
Corn Cobs, Ground	17	17C <sub>3</sub> 25Y	1A-1B-1C	.8
Corn Cobs, Whole(1)	12-15	14E35	2A-2B	—
Corn Ear(1)	56	56E35	2A-2B	—
Corn Germ	21	21B <sub>8</sub> 35PY	1A-1B-1C	.4
Corn Grits	40-45	43B <sub>8</sub> 35P	1A-1B-1C	.5
Cormeal	32-40	38B <sub>8</sub> 35P	1A-1B	.5
Corn Oil, Cake	25	25D <sub>3</sub> 45HW	1A-1B	.8

1/Consult FMC



## material classification

Table 4 (cont'd) Material Characteristics				
Material	Weight lbs/TP	Material Code	Component Series	Mat'l. Factor Fm
Corn Seed	45	45C <sub>25</sub> PD	1A-1B-1C	.4
Corn Shelled	45	45C <sub>25</sub>	1A-1B-1C	.4
Corn Sugar	30-35	33B <sub>6</sub> 35FU	1B	1.0
Cottonseed, Cake, Crushed	40-45	43C <sub>25</sub> 45HW	1A-1B	1.0
Cottonseed, Cake, Lumpy	40-45	43D <sub>7</sub> 45HW	2A-2B	1.0
Cottonseed, Dry, Delinted	22-40	31C <sub>25</sub> 25X	1A-1B	.6
Cottonseed, Dry, Not Delinted	18-25	22C <sub>25</sub> 45XY	1A-1B	.9
Cottonseed, Flakes	20-25	23C <sub>25</sub> 35HWY	1A-1B	.8
Cottonseed, Hulls	12	12B <sub>6</sub> 35Y	1A-1B	.9
Cottonseed, Meal, Expeller	25-30	28B <sub>6</sub> 45HW	3A-3B	.5
Cottonseed, Meal, Extracted	35-40	37B <sub>6</sub> 45HW	1A-1B	.5
Cottonseed, Meats, Dry	40	40B <sub>6</sub> 35HW	1A-1B	.6
Cottonseed, Meats, Rolled	35-40	38C <sub>25</sub> 45HW	1A-1B	.6
Cracklings, Crushed	40-50	45D <sub>9</sub> 45HW	2A-2B-2C	1.3
Cryolite, Dust	75-90	83A <sub>200</sub> 36L	2D	2.0
Cryolite, Lumpy	90-110	100D <sub>15</sub> 36	2D	2.1
Cullet, Fine	60-120	100C <sub>25</sub> 37	3D	2.0
Cullet, Lump	60-120	100D <sub>15</sub> 37	3D	2.5
Culm (See Coal, Anthracite)	—	—	—	—
Cupric Sulphate (Copper Sulfate)	—	—	—	—
Detergent (See Soap Detergent)	—	—	—	—
Diatomaceous Earth	11-17	14A <sub>40</sub> 36Y	3D	1.6
Dicalcium Phosphate	40-50	45A <sub>40</sub> 35	1A-1B-1C	1.6
Disodium Phosphate	25-31	26A <sub>40</sub> 35	3D	.5
Distillers Grain, Spent Dry	50	30B <sub>6</sub> 35	2D	.5
Distillers Grain, Spent Wet	40-60	50C <sub>25</sub> 45V	3A-3B	.8
Dolomite, Crushed	60-100	90C <sub>25</sub> 36	2D	2.0
Dolomite, Lumpy	90-100	95D <sub>25</sub> 36	2D	2.0
Earth, Loam, Dry, Loose	76	76C <sub>25</sub> 36	2D	1.2
Ebonite, Crushed	63-70	67C <sub>25</sub> 36	1A-1B-1C	.8
Egg Powder	16	16A <sub>40</sub> 35MPY	1B	1.0
Epsom Salts (Magnesium Sulfate)	40-50	45A <sub>40</sub> 35U	1A-1B-1C	.8
Feldspar, Ground	65-80	73A <sub>200</sub> 37	2D	2.0
Feldspar, Lumps	90-100	95D <sub>7</sub> 37	2D	2.0
Feldspar, Powder	100	100A <sub>200</sub> 36	2D	2.0
Feldspar, Screenings	75-80	78C <sub>25</sub> 37	2D	2.0
Ferrous Sulfide — 1/2"	120-135	128C <sub>25</sub> 26	1A-1B-1C	2.0
Ferrous Sulfide — 100M	105-120	113A <sub>200</sub> 36	1A-1B-1C	2.0
Ferrous Sulphate	50-75	63C <sub>25</sub> 36U	2D	1.0
Fish Meal	35-40	38C <sub>25</sub> 45HP	1A-1B-1C	1.0
Fish Scrap	40-50	45D <sub>7</sub> 45H	2A-2B-2C	1.5
Flaxseed	43-45	44B <sub>6</sub> 35X	1A-1B-1C	.4
Flaxseed Cake (Linseed Cake)	48-50	49D <sub>7</sub> 45W	2A-2B	.7
Flaxseed Meal (Linseed Meal)	25-45	35B <sub>6</sub> 45W	1A-1B	.4
Four Wheat	33-40	37A <sub>40</sub> 45LP	1B	.8
Flue Dust, Basic Oxygen Furnace	45-60	53A <sub>40</sub> 36LM	3D	3.5
Flue Dust, Blast Furnace	110-125	118A <sub>40</sub> 36	3D	3.5
Flue Dust, Boiler H. Dry	30-45	38A <sub>40</sub> 36LM	3D	2.0
Fluorspar, Fine (Calcium Fluoride)	80-100	90B <sub>6</sub> 36	2D	2.0
Fluorspar, Lumps	90-110	100D <sub>7</sub> 36	2D	2.0
Flyash	30-45	38A <sub>40</sub> 36M	3D	2.0
Foundry Sand, Dry (See Sand)	—	—	—	—
Fuller's Earth, Dry, Raw	30-40	35A <sub>40</sub> 25	2D	2.0
Fuller's Earth, Oily, Spent	60-65	63C <sub>25</sub> 45OW	3D	2.0
Fuller's Earth, Calcined	40	40A <sub>200</sub> 25	3D	2.0
Galena (See Lead Sulfate)	—	—	—	—
Gelatin, Granulated	32	32B <sub>6</sub> 35FU	1B	.8

# material classification

**Table 4 (cont'd) Material Characteristics**

Material	Weight lbs/ft <sup>3</sup>	Material Code	Component Series	Motl. Factor Fm
Gilsonite	37	37C <sub>3</sub> 35	3D	1.5
Glass, Batch	80-100	90C <sub>3</sub> 37	3D	2.5
Glue, Ground	40	40B <sub>3</sub> 45U	2D	1.7
Glue, Pearl	40	40C <sub>3</sub> 35U	1A-1B-1C	.5
Glue, Veg. Powdered	40	40A <sub>3</sub> 45U	1A-1B-1C	.6
Gluten, Meal	40	40B <sub>3</sub> 35P	1B	.6
Granite, Fine	80-90	85C <sub>3</sub> 27	3D	2.5
Grape Pomace	15-20	18D <sub>3</sub> 45U	2D	1.4
Graphite Flake	40	40B <sub>3</sub> 25LP	1A-1B-1C	.5
Graphite Flour	28	28A <sub>100</sub> 35LMP	1A-1B-1C	.5
Graphite Ore	85-75	70D <sub>3</sub> 35L	2D	1.0
Guano Dry <sup>(1)</sup>	70	70C <sub>3</sub> 35	3A-3B	2.0
Gypsum, Calcined	55-60	58B <sub>3</sub> 35U	2D	1.5
Gypsum, Calcined, Powdered	60-80	70A <sub>100</sub> 35U	2D	2.0
Gypsum Raw - 1"	70-80	75D <sub>3</sub> 25	2D	2.0
Hay, Chopped <sup>(1)</sup>	8-12	10C <sub>3</sub> 35JY	2A-2B	1.6
Hexanedioic Acid (See Adipic Acid)	-	-	-	-
Hominy, Dry	35-50	43C <sub>3</sub> 25D	1A-1B-1C	.4
Hops, Spent, Dry	35	35D <sub>3</sub> 35	2A-2B-2C	1.0
Hops, Spent, Wet	50-55	53D <sub>3</sub> 45V	2A-2B	1.6
Ice, Crushed	35-45	40D <sub>3</sub> 350	2A-2B	.4
Ice, Flaked <sup>(1)</sup>	40-45	43C <sub>3</sub> 350	1B	.6
Ice, Cubes	33-35	34D <sub>3</sub> 350	1B	.4
Ice, Shell	33-35	34D <sub>3</sub> 450	1B	.4
Ilmenite Ore	140-160	150D <sub>3</sub> 37	3D	2.0
Iron Ore Concentrate	120-180	150A <sub>3</sub> 37	3D	2.2
Iron Oxide Pigment	25	25A <sub>100</sub> 36LMP	1A-1B-1C	1.0
Iron Oxide, Millscale	75	75C <sub>3</sub> 35	2D	1.6
Iron Pyrites (See Ferrous Sulfide)	-	-	-	-
Iron Sulphate (See Ferrous Sulfate)	-	-	-	-
Iron Sulfide (See Ferrous Sulfide)	-	-	-	-
Iron Vitrict (See Ferrous Sulfate)	-	-	-	-
Kafir (Corn)	40-45	43C <sub>3</sub> 25	3D	.5
Kaolin Clay	63	63D <sub>3</sub> 25	2D	2.0
Kaolin Clay-Talc	42-56	49A <sub>3</sub> 35LMP	2D	2.0
Kryolith (See Cryolite)	-	-	-	-
Lactose	32	32A <sub>3</sub> 35PU	1B	.6
Lamp Black (See Carbon Black)	-	-	-	-
Lead Arsenate	72	72A <sub>3</sub> 35R	1A-1B-1C	1.4
Lead Arsenite	72	72A <sub>3</sub> 35R	1A-1B-1C	1.4
Lead Carbonate	240-260	250A <sub>3</sub> 35R	2D	1.0
Lead Ore - 1/8"	200-270	235B <sub>3</sub> 35	3D	1.4
Lead Ore - 1/2"	180-230	205C <sub>3</sub> 35	3D	1.4
Lead Oxide (Red Lead) - 100 Mesh	30-150	90A <sub>100</sub> 35P	2D	1.2
Lead Oxide (Red Lead) - 200 Mesh	30-180	105A <sub>200</sub> 35LP	2D	1.2
Lead Sulphide - 100 Mesh	240-260	250A <sub>100</sub> 35R	2D	-
Lignite (See Coal Lignite)	-	-	-	-
Limonite, Ore, Brown	120	120C <sub>3</sub> 47	3D	1.7
Lime, Ground, Unslaked	60-65	63B <sub>3</sub> 35U	1A-1B-1C	.6
Lime Hydrated	40	40B <sub>3</sub> 35LM	2D	.8
Lime, Hydrated, Pulverized	32-40	36A <sub>3</sub> 35LM	1A-1B	.6
Lime, Pebble	53-56	55C <sub>3</sub> 26HU	2A-2B	2.0
Limestone, Agricultural	68	68B <sub>3</sub> 35	2D	2.0
Limestone, Crushed	85-90	88D <sub>3</sub> 38	2D	2.0
Limestone, Dust	55-95	75A <sub>3</sub> 46MY	2D	1.6-2.0
Lindane (Benzene Hexachloride)	-	-	-	-
Linseed (See Flaxseed)	-	-	-	-

<sup>(1)</sup>Consult FMC

## material classification

**Table 4 (cont'd) Material Characteristics**

Material	Weight lbs/ft <sup>3</sup>	Material Code	Component Series	Mnt'l. Factor Fm
Litharge (Lead Oxide)	—	—	—	—
Lithopone	45-50	48A <sub>325</sub> 35MR	1A-1B	1.0
Maize (See Milo)	—	—	—	—
Malt, Dry, Ground	20-30	25B <sub>6</sub> 35NP	1A-1B-1C	.5
Malt, Meal	38-40	38B <sub>6</sub> 25P	1A-1B-1C	.4
Malt, Dry Whole	20-30	25C <sub>3</sub> 35N	1A-1B-1C	.5
Malt, Sprouts	13-15	14C <sub>9</sub> 35P	1A-1B-1C	.4
Magnesium Chloride (Magnesite)	33	83C <sub>2</sub> 45	1A-1B	1.0
Manganese Dioxide(*)	70-85	78A <sub>100</sub> 35NRT	2A-2B	1.5
Manganese Ore	125-140	135D <sub>3</sub> 37	3D	2.0
Manganese Oxide	120	120A <sub>100</sub> 2G	2D	2.0
Manganese Sulfate	70	70C <sub>6</sub> 37	3D	2.4
Marble, Crushed	60-65	88B <sub>6</sub> 37	2D	2.0
Marl (Clay)	50	80D <sub>6</sub> 36	2D	1.6
Meat, Ground	50-60	53E45HQTJX	2A-2B	1.5
Meat, Scrap (W/bone)	40	40E46H	2D	1.5
Mica, Flakes	17-22	20B <sub>6</sub> 16MY	2D	1.0
Mica, Ground	13-15	14B <sub>6</sub> 36	2D	.9
Mica, Pulverized	13-15	14A <sub>100</sub> 36M	2D	1.0
Milk, Dried, Flake	5-6	6B <sub>6</sub> 35PUJ	1B	.4
Milk, Malted	27-30	29A <sub>100</sub> 45PX	1B	.9
Milk, Powdered	20-45	33B <sub>6</sub> 25PM	1B	.5
Milk Sugar	32	32A <sub>100</sub> 35PX	1B	.6
Milk, Whole, Powdered	20-36	28B <sub>6</sub> 35PUJX	1B	.5
Mill Scales (Steel)	120-125	123E46T	3D	3.0
Milo, Ground	32-36	34B <sub>6</sub> 25	1A-1B-1C	.5
Milo Maize (Kafir)	40-45	43B <sub>6</sub> 15N	1A-1B-1C	.4
Molybdenite Powder	107	107B <sub>6</sub> 26	2D	1.5
Monosodium Phosphate	50	50B <sub>6</sub> 38	2D	.8
Mortar, Wet(*)	150	150E46T	3D	3.0
Mustard Seed	45	45B <sub>6</sub> 15N	1A-1B-1C	.4
Naphthalene Flakes	45	45B <sub>6</sub> 35	1A-1B-1C	.7
Niacin (Nicotinic Acid)	35	35A <sub>100</sub> 35P	2D	.8
Oats	28	28C <sub>1</sub> 25MN	1A-1B-1C	.4
Oats, Crimped	19-26	23C <sub>1</sub> 35	1A-1B-1C	.5
Oats, Crushed	22	22B <sub>6</sub> 45NY	1A-1B-1C	.6
Oats, Flour	35	35A <sub>100</sub> 35	1A-1B-1C	.5
Oat Hulls	6-12	10B <sub>6</sub> 35NY	1A-1B-1C	.5
Oats, Rolled	19-24	22C <sub>1</sub> 35NY	1A-1B-1C	.6
Oil Margarine (Margarine)	59	59E45HKFWX	2A-2B	.4
Orange Peel, Dry	15	15E45	2A-2B	1.5
Oxalic Acid Crystals— Ethane Diacid Crystals	60	60B <sub>6</sub> 35Q5	1A-1B	1.9
Oyster Shells, Ground	50-60	55C <sub>1</sub> 36T	3D	1.6-2.0
Oyster Shells, Whole	80	80D <sub>3</sub> 35TV	3D	2.1-2.5
Paper Pulp (4% or less)	62	62E45	2A-2B	1.5
Paper Pulp (8% to 15%)	60-62	61E45	2A-2B	1.5
Paraffin Cake — 1/2"	45	45C <sub>1</sub> 45K	1A-1B	.6
Peanuts, Clean, in shell	15-20	18D <sub>3</sub> 35Q	2A-2B	.6
Peanut Meal	30	30B <sub>6</sub> 35P	1B	.6
Peanuts, Raw, Uncleaned (unshelled)	15-20	18D <sub>3</sub> 35Q	3D	.7
Peanuts, Shelled	35-45	40C <sub>1</sub> 35Q	1B	.4
Peas, Dried	45-50	48C <sub>1</sub> 15NO	1A-1B-1C	.5
Perlite-Expanded	6-12	10C <sub>1</sub> 36	2D	.6
Phosphate Acid Fertilizer	60	60B <sub>6</sub> 25T	2A-2B	1.4
Phosphate Disodium (See Sodium Phosphate)	—	—	—	—

(\*)Consult FMC

material classification

Table 4 (cont'd) Material Characteristics				
Material	Weight lbs/ft <sup>3</sup>	Material Code	Component Series	Mat'l. Factor Fm
Phosphate Rock, Broken	75-85	80D <sub>3</sub> 36	2D	2.1
Phosphate Rock, Pulverized	60	60B <sub>5</sub> 36	2D	1.7
Phosphate Sand	90-100	95B <sub>5</sub> 37	3D	2.0
Plaster of Paris (See Gypsum)	-	-	-	-
Plumbago (See Graphite)	-	-	-	-
Polystyrene Beads	40	40B <sub>5</sub> 35PQ	1B	.4
Polyvinyl Chloride Powder	20-30	25A <sub>100</sub> 45KT	2B	1.0
Polyvinyl Chloride Pellets	20-30	25E45KPQT	1B	.6
Polyethylene, Resin Pellets	30-35	33C <sub>5</sub> 45Q	1A-1B	.4
Potash (Muriate) Dry	70	70B <sub>5</sub> 37	3D	2.0
Potash (Muriate) Ming Run	75	75D <sub>3</sub> 37	3D	2.2
Potassium Carbonate	51	51B <sub>5</sub> 36	2D	1.0
Potassium Chloride Pellets	120-130	125C <sub>5</sub> 25TU	3D	1.8
Potassium Nitrate - 1/2"	78	78C <sub>5</sub> 16NT	3D	1.2
Potassium Nitrate - 3/8"	80	80B <sub>5</sub> 26NT	3D	1.2
Potassium Sulfate	42-48	45B <sub>5</sub> 48X	2D	1.0
Potato Flour	48	48A <sub>200</sub> 35MNP	1A-1B	.5
Pumice - 1/4"	42-48	45B <sub>5</sub> 48	3D	1.8
Pyrite, Pellets	120-130	125C <sub>5</sub> 25	3D	2.0
Quartz, - 100 Mesh	70-90	75A <sub>100</sub> 27	3D	1.7
Quartz, - 1/8"	80-90	85C <sub>5</sub> 27	3D	2.0
Rice, Bran	20	20B <sub>5</sub> 35NY	1A-1B-1C	.4
Rice, Grits	42-45	44B <sub>5</sub> 35P	1A-1B-1C	.4
Rice, Polished	30	30C <sub>5</sub> 15P	1A-1B-1C	.4
Rice, Hulled	45-49	47C <sub>5</sub> 25P	1A-1B-1C	.4
Rice, Hulls	20-21	21B <sub>5</sub> 35NY	1A-1B-1C	.4
Rice, Rough	32-36	34C <sub>5</sub> 35N	1A-1B-1C	.6
Resin - 1/8"	65-68	67C <sub>5</sub> 45Q	1A-1B-1C	1.5
Rubber, Reclaimed Ground	23-50	37C <sub>5</sub> 45	1A-1B-1C	.8
Rubber, Pelleted	50-55	53D <sub>5</sub> 45	2A-2B-2C	1.5
Rye	42-48	45B <sub>5</sub> 15N	1A-1B-1C	.4
Rye Bran	15-20	18B <sub>5</sub> 35Y	1A-1B-1C	.4
Rye Feed	33	33B <sub>5</sub> 35N	1A-1B-1C	.5
Rye Meal	35-40	38B <sub>5</sub> 35	1A-1B-1C	.5
Rye Middlings	42	42B <sub>5</sub> 35	1A-1B	.5
Rye, Shorts	32-33	33C <sub>5</sub> 35	2A-2B	.5
Safflower, Cake	50	50D <sub>5</sub> 26	2D	.6
Safflower, Meal	50	50B <sub>5</sub> 35	1A-1B-1C	.6
Safflower Seed	45	45B <sub>5</sub> 15N	1A-1B-1C	.4
Saffron (See Safflower)	-	-	-	-
Sal Armoniac (Ammonium Chloride)	-	-	-	-
Salt Cake, Dry Coarse	85	85B <sub>5</sub> 36TU	3D	2.1
Salt Cake, Dry Pulverized	65-65	75B <sub>5</sub> 36TU	3D	1.7
Salicylic Acid	28	28B <sub>5</sub> 37U	3D	.6
Salt, Dry Coarse	45-60	53C <sub>5</sub> 36TU	3D	1.0
Salt, Dry Fine	70-80	75B <sub>5</sub> 36TU	3D	1.7
Salt-peter - (See Potassium Nitrate)	-	-	-	-
Sand Dry Bank (Damp)	110-130	120B <sub>5</sub> 47	3D	2.6
Sand Dry Bank (Dry)	90-110	100B <sub>5</sub> 37	3D	1.7
Sand Dry Silica	90-100	95B <sub>5</sub> 27	3D	2.0
Sand Foundry (Shake Out)	90-100	95D <sub>5</sub> 37Z	3D	2.6
Sand (Resin Coated) Silica	104	104B <sub>5</sub> 27	3D	2.0
Sand (Resin Coated) Zircon	115	115A <sub>100</sub> 27	3D	2.3
Sawdust, Dry	10-13	12B <sub>5</sub> 45UX	1A-1B-1C	.7
Sea-Coal	65	65B <sub>5</sub> 36	2D	1.0
Sesame Seed	27-41	34B <sub>5</sub> 26	2D	.6

## material classification

Table 4 (cont'd) Material Characteristics				
Material	Weight lbs/ft <sup>3</sup>	Material Code	Component Series	Mat'l. Factor Fm
Shale, Crushed	85-90	88C <sub>2</sub> 38	2D	2.0
Shellac, Powdered or Granulated	31	31B <sub>2</sub> 35P	1B	.8
Silicon Dioxide (See Quartz)	—	—	—	—
Silica, Flour	80	60A <sub>2</sub> 46	2D	1.5
Silica Gel + 1/8"3"	45	45D <sub>2</sub> 37HKOU	3D	2.0
Slag, Blast Furnace Crushed	120-180	155D <sub>2</sub> 37Y	3D	2.4
Slag, Furnace Granular, Dry	60-65	63C <sub>2</sub> 37	3D	2.2
Slate, Crushed, - 1/2"	80-90	85C <sub>2</sub> 38	2D	2.0
Slate, Ground, - 1/8"	82-85	84B <sub>2</sub> 35	2D	1.6
Sludge, Sewage, Dried	40-50	45E47TW	3D	.8
Sludge, Sewage, Dry Ground	45-55	50B45S	2D	.8
Soap, Beads or Granules	15-35	25B <sub>2</sub> 35Q	1A-1B-1C	.6
Soap, Chips	15-25	20C <sub>2</sub> 35Q	1A-1B-1C	.6
Soap Detergent	15-50	33B <sub>2</sub> 35FQ	1A-1B-1C	.8
Soap, Flakes	5-15	10B <sub>2</sub> 35QXY	1A-1B-1C	.6
Soap, Powder	20-25	23B <sub>2</sub> 25X	1A-1B-1C	.9
Soapstone, Talc, Fine	40-50	45A <sub>2</sub> 45XY	1A-1B-1C	2.0
Soda Ash, Heavy	55-65	60B <sub>2</sub> 36	2D	1.0
Soda Ash, Light	20-35	28A <sub>2</sub> 36Y	2D	.8
Sodium Aluminate, Ground	72	72B <sub>2</sub> 36	2D	1.0
Sodium Aluminum Fluoride (See Kryolite)	—	—	—	—
Sodium Aluminum Sulphate <sup>(1)</sup>	75	75A <sub>2</sub> 36	2D	1.0
Sodium Bentonite (See Bentonite)	—	—	—	—
Sodium Bicarbonate (See Baking Soda)	—	—	—	—
Sodium Chloride (See Salt)	—	—	—	—
Sodium Carbonate (See Soda Ash)	—	—	—	—
Sodium Hydrate (See Caustic Soda)	—	—	—	—
Sodium Hydroxide (See Caustic Soda)	—	—	—	—
Sodium Borate (See Borax)	—	—	—	—
Sodium Nitrate	70-80	75D <sub>2</sub> 25NS	2A-2B	1.2
Sodium Phosphate	60-60	55A <sub>2</sub> 35	1A-1B	.9
Sodium Sulfate (See Salt Cake)	—	—	—	—
Sodium Sulfite	96	96B <sub>2</sub> 46X	2D	1.5
Sorghum, Seed (See Kalir or Milo)	—	—	—	—
Soybean, Cake	40-43	42D <sub>2</sub> 35W	2A-1B-1C	1.0
Soybean, Cracked	30-40	35C <sub>2</sub> 38NW	2D	.5
Soybean, Flake, Raw	18-25	22C <sub>2</sub> 35Y	1A-1B-1C	.8
Soybean, Flour	27-30	39A <sub>2</sub> 35MN	1A-1B-1C	.8
Soybean Meal, Cold	40	40B <sub>2</sub> 35	1A-1B-1C	.5
Soybean Meal, Hot	40	40B <sub>2</sub> 35T	2A-2B	.5
Soybeans, Whole	45-50	48C <sub>2</sub> 28NW	—	1.0
Starch	25-50	38A <sub>2</sub> 15M	1A-1B-1C	1.0
Steel Turnings, Crushed	100-150	125D <sub>2</sub> 46WV	3D	3.0
Sugar Beet, Pulp, Dry	12-15	14C <sub>2</sub> 28	2D	.9
Sugar Beet, Pulp, Wet	25-45	35C <sub>2</sub> 35X	1A-1B-1C	1.2
Sugar, Refined, Granulated Dry	50-55	53D <sub>2</sub> 35PU	1B	1.0-1.2
Sugar, Refined, Granulated Wet	55-65	60C <sub>2</sub> 35X	1B	1.4-2.0
Sugar, Powdered	60-60	55A <sub>2</sub> 35PX	1B	.8
Sugar, Raw	55-65	60B <sub>2</sub> 35PX	1B	1.5
Sulphur, Crushed - 1/2"	60-60	55C <sub>2</sub> 35N	1A-1B	.8
Sulphur, Lumpy, - 3"	80-85	83D <sub>2</sub> 35N	2A-2B	.5
Sulphur, Powdered	60-60	55A <sub>2</sub> 35MN	1A-1B	.5
Sunflower Seed	19-38	29C <sub>2</sub> 15	1A-1B-1C	.5
Talcum, - 1/2"	80-90	85C <sub>2</sub> 36	2D	.9
Talcum Powder	50-60	55A <sub>2</sub> 36M	2D	.8
Tanbark, Ground <sup>(1)</sup>	55	65B <sub>2</sub> 45	1A-1B-1C	.7

<sup>(1)</sup>Consult FMC

material classification

Table 4 (cont'd) Material Characteristics				
Material	Weight lbs/ft <sup>3</sup>	Material Code	Component Series	Matl. Factor Fm
Timothy Seed	35	36B <sub>6</sub> 35NY	1A-1B-1C	.6
Titanium Dioxide (See Ilmenite Ore)	—	—	—	—
Tobacco, Scraps	15-25	20D <sub>3</sub> 15Y	2A-2B	.8
Tobacco, Snuff	50	30B <sub>6</sub> 15MQ	1A-1B-1C	.9
Tricalcium Phosphate	40-50	45A <sub>40</sub> 45	1A-1B	1.5
Triple Super Phosphate	50-55	53B <sub>6</sub> 36RS	3D	2.0
Trisodium Phosphate	60	60C <sub>6</sub> 36	2D	1.7
Trisodium Phosphate, Granular	60	60B <sub>6</sub> 36	2D	1.7
Trisodium Phosphate, Pulverized	50	50A <sub>40</sub> 36	2D	1.6
Tung Nut Meals, Crushed	28	28D <sub>3</sub> 25W	2A-2B	.8
Tung Nuts	25-30	28D <sub>3</sub> 15	2A-2B	.7
Urea Fertilizer, Coated	43-46	45B <sub>6</sub> 25	1A-1B-1C	1.2
Vermiculite, Expanded	16	16C <sub>6</sub> 35Y	1A-1B	.5
Vermiculite, Ore	80	80D <sub>3</sub> 36	2D	1.0
Vetch	48	48B <sub>5</sub> 15N	1A-1B-1C	.4
Walnut Shells, Crushed	35-45	40B <sub>6</sub> 36	2D	1.0
Wheat	45-48	47C <sub>6</sub> 25N	1A-1B-1C	.4
Wheat, Cracked	40-45	45B <sub>6</sub> 25N	1A-1B-1C	.4
Wheat, Germ	18-28	23B <sub>6</sub> 25	1A-1B-1C	.4
White Lead, Dry	75-100	66A <sub>40</sub> 36MR	2D	1.0
Wood Chips, Screened	10-30	20D <sub>3</sub> 15VY	2A-2B	.6
Wood Flour	16-38	28B <sub>6</sub> 35N	1A-1B	.4
Wood Shavings	8-16	12E45VY	2A-2B	1.5
Zinc, Concentrate Residue	75-8	78B <sub>6</sub> 37	3D	1.0
Zinc Oxide, Heavy	30-35	33A <sub>100</sub> 45X	1A-1B	1.0
Zinc Oxide, Light	10-15	13A <sub>100</sub> 45XY	1A-1B	1.0

## engineering information

### Selection of Conveyor Size and Speed

In order to determine the size and speed of a screw conveyor, it is necessary first to establish the material code number. It will be seen from what follows that this code number controls the cross-sectional loading that should be used.

The various cross-sectional loadings shown in the Screw Conveyor Capacity Table 5 are for use with the standard screw conveyor components indicated in the Component Group Selection Guide Table 8 on page 38, and are for the usual screw conveyor applications. The usual screw conveyor applications may be defined as those in industrial use where the conveying operation is controlled with volumetric feeders and where the material is uniformly fed into the conveyor housing and discharged from it.

Check lump size limitations before choosing conveyor diameter. See Table 7, page 37.

### Capacity Table

The Capacity Table 5 gives the capacities in cubic feet per hour at one revolution per minute for various sized screw conveyors for four cross-sectional loadings and for various classes of materials as delineated by code numbers. Also shown are capacities in cubic feet per hour at the maximum recommended revolutions per minute.

### Conveyor Speed

For screw conveyors with screws having regular helical flights all of standard pitch, the conveyor speed may be calculated by the formula:

$$N = \frac{\text{Required capacity cubic feet per hour}}{\text{Cubic feet per hour at 1 revolution per minute}}$$

where

N = revolutions per minute of screw, but not greater than the maximum recommended speed.

For the calculation of conveyor speeds where special types of screws are used, such as short pitch screws, cut flights, cut and folded flights and ribbon flights, an equivalent required capacity must be used, based on factors in Table 6, page 36.

Factor CF<sub>1</sub> relates to the pitch of the screw. Factor CF<sub>2</sub> relates to the type

of the flight. Factor CF<sub>3</sub> relates to the use of mixing paddles within the flight pitches.

The equivalent capacity then is found by multiplying the required capacity by one or more of the capacity factors that are involved. See Table 6, page 36, for capacity factors.

$$C_E = \text{Equiv. Capacity cubic feet per hour} = \text{Required Capacity (CF}_1\text{) (CF}_2\text{) (CF}_3\text{) cubic feet per hour}$$

Material Class Code	Degree of Trough Loading	Screw Dia. Inches	Maximum Recommended rpm	Capacity Cubic Feet Per Hour	
				At Max. rpm	At One rpm
A-15 A-25 B-15 B-25 C-15 C-25	45%	6 9 12 14 16 18 20 24	165 155 145 140 130 120 110 100	368 1270 2820 4370 6080 8120 10300 16400	2.23 8.2 19.4 31.2 46.7 67.6 93.7 164.0
A-35 E-35 A-45 E-45 B-35 B-45 C-35 C-45 D-15 D-25 D-35 D-45 E-15 E-25	30% A	6 9 12 14 16 18 20 24	120 100 90 85 80 75 70 65	180 545 1180 1770 2500 3380 4370 7100	1.49 5.46 12.9 20.8 31.2 45.0 62.5 109.0
A-18 D-18 A-28 D-28 A-38 D-38 A-48 D-48 B-18 E-18 B-28 E-28 B-38 E-38 B-48 E-48 C-18 C-28 C-38 C-48	30% B	6 9 12 14 16 18 20 24	60 55 50 50 45 45 40 40	90 300 645 1040 1400 2025 2800 4350	1.49 5.46 12.9 20.8 31.2 45.0 62.5 109.0
A-17 D-17 A-27 D-27 A-37 D-37 A-47 D-47 B-17 E-17 B-27 E-27 B-37 E-37 B-47 E-47 C-17 C-27 C-37 C-47	15%	6 9 12 14 16 18 20 24	60 55 50 50 45 45 40 40	45 150 325 520 700 1010 1250 2180	0.75 2.72 6.46 10.4 15.6 22.5 31.2 54.6

\*For capacities of inclined screw conveyors, contact FMC.

# WA430-6 WHEEL LOADER

## SPECIFICATIONS



### ENGINE

Model ..... Komatsu SAA6D114E-3  
 Type ..... Water-cooled, 4-cycle  
 Aspiration ..... Turbocharged, aftercooled  
 Number of cylinders ..... 6  
 Bore x stroke ..... 114 mm x 135 mm **4.49" x 5.32"**  
 Piston displacement ..... 8.27 ltr **505 in<sup>3</sup>**  
 Governor ..... All-speed, electronic  
 Horsepower  
 SAE J1995 ..... Gross 173 kW **232 HP**  
 ISO 9249/SAE J1349 ..... Net 172 kW **231 HP**  
 Hydraulic fan at maximum speed ..... Net 163 kW **218 HP**  
 Rated rpm ..... 2100 rpm  
 Fan drive method for radiator cooling ..... Hydraulic  
 Fuel system ..... Direct injection  
 Lubrication system:  
 Method ..... Gear pump, force-lubrication  
 Filter ..... Full-flow type  
 Air cleaner ..... Dry type with double elements and dust evacuator, plus dust indicator



### TRANSMISSION

Torque converter:  
 Type ..... 3-element, single-stage, single-phase  
 Transmission:  
 Type ..... Automatic full-powershift, countershaft type  
 Travel speed: km/h **mph**  
 Measured with 23.5-25 tires

	1st		2nd		3rd		4th	
Forward	7.0	4.4	12.3	7.6	21.6	13.4	37.2	23.1
Reverse	7.6	4.7	12.9	8.0	23.0	14.3	37.2	23.1



### AXLES AND FINAL DRIVES

Drive system ..... Four-wheel drive  
 Front ..... Fixed, semi-floating  
 Rear ..... Center-pin support, semi-floating, 18° total oscillation  
 Reduction gear ..... Spiral bevel gear  
 Differential gear ..... Conventional type  
 Final reduction gear ..... Planetary gear, single reduction



### BRAKES

Service brakes ..... Hydraulically actuated, wet disc brakes actuate on four wheels  
 Parking brake ..... Wet disc brake  
 Emergency brake ..... Parking brake is commonly used



### STEERING SYSTEM

Type ..... Articulated type, full-hydraulic power steering  
 Steering angle ..... 40° each direction  
 Minimum turning radius at the center of outside tire ..... 6335 mm **20'9"**



### HYDRAULIC SYSTEM

Steering system:  
 Hydraulic pump ..... Piston pump  
 Capacity ..... 137 ltr/min **36.2 U.S. gal/min** at rated rpm  
 Relief valve setting ..... 24.5 MPa 250 kgf/cm<sup>2</sup> **3,555 psi**  
 Hydraulic cylinders:  
 Type ..... Double-acting, piston type  
 Number of cylinders ..... 2  
 Bore x stroke ..... 75 mm x 442 mm **3.0" x 17.4"**

Loader control:  
 Hydraulic pump ..... Piston pump  
 Capacity ..... 205 ltr/min **54.2 U.S. gal/min** at rated rpm  
 Relief valve setting ..... 31.4 MPa 320 kgf/cm<sup>2</sup> **4,550 psi**  
 Hydraulic cylinders:  
 Type ..... Double-acting, piston type  
 Number of cylinders—bore x stroke:  
 Boom cylinder ..... 2- 130 mm x 776 mm **5.1" x 30.6"**  
 Bucket cylinder ..... 1- 160 mm x 535 mm **6.3" x 21.1"**  
 Control valve ..... 2-spool type  
 Control positions:  
 Boom ..... Raise, hold, lower, and float  
 Bucket ..... Tilt-back, hold, and dump  
 Hydraulic cycle time (rated load in bucket)  
 Raise ..... 6.1 sec  
 Dump ..... 2.0 sec  
 Lower (Empty) ..... 3.3 sec

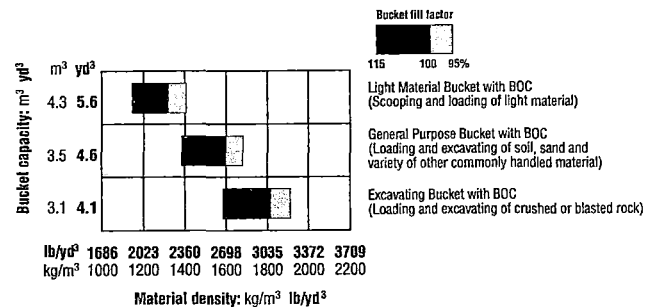


### SERVICE REFILL CAPACITIES

Cooling system ..... 32 ltr **8.4 U.S. gal**  
 Fuel tank ..... 325 ltr **85.9 U.S. gal**  
 Engine ..... 30 ltr **7.9 U.S. gal**  
 Hydraulic system ..... 139 ltr **36.7 U.S. gal**  
 Axle front ..... 49 ltr **12.9 U.S. gal**  
 rear ..... 40 ltr **10.6 U.S. gal**  
 Torque converter and transmission ..... 54 ltr **14.3 U.S. gal**



### BUCKET SELECTION GUIDE

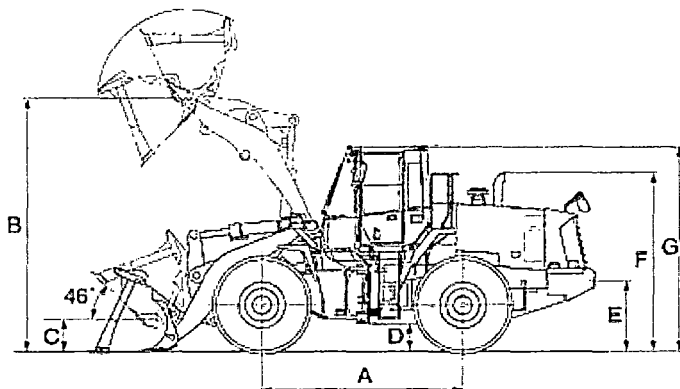






**DIMENSIONS**

Measured with 23.5 R25 (L3) tires, ROPS/FOPS Level 2 cab



Tread	2200 mm	<b>7'3"</b>
Width over tires	2820 mm	<b>9'3"</b>
A Wheelbase	3300 mm	<b>10'10"</b>
B Hinge pin height, max. height	4165 mm	<b>13'8"</b>
C Hinge pin height, carry position	520 mm	<b>1'8"</b>
D Ground clearance	455 mm	<b>1'6"</b>
E Hitch height	1150 mm	<b>3'9"</b>
F Overall height, top of the stack	2940 mm	<b>9'8"</b>
G Overall height, ROPS Level 2 cab	3390 mm	<b>11'1"</b>

	General Purpose Bucket	Excavating Bucket	Light Material Bucket
	Bolt-on Cutting Edges	Bolt-on Cutting Edges	Bolt-on Cutting Edges
Bucket capacity: heaped	3.5 m <sup>3</sup> <b>4.6 yd<sup>3</sup></b>	3.1 m <sup>3</sup> <b>4.1 yd<sup>3</sup></b>	4.3 m <sup>3</sup> <b>5.6 yd<sup>3</sup></b>
struck	3.0 m <sup>3</sup> <b>3.9 yd<sup>3</sup></b>	2.6 m <sup>3</sup> <b>3.4 yd<sup>3</sup></b>	3.7 m <sup>3</sup> <b>4.8 yd<sup>3</sup></b>
Bucket width	2905 mm <b>9'6"</b>	2905 mm <b>9'6"</b>	2905 mm <b>9'6"</b>
Bucket weight	1630 kg <b>3,593 lb</b>	1720 kg <b>3,792 lb</b>	1800 kg <b>3,968 lb</b>
Dumping clearance, max. height and 45° dump angle*	3015 mm <b>9'11"</b>	3090 mm <b>10'2"</b>	2890 mm <b>9'6"</b>
Reach at max. height and 45° dump angle*	1195 mm <b>3'11"</b>	1120 mm <b>3'8"</b>	1320 mm <b>4'4"</b>
Reach at 2130 mm (7') clearance and 45° dump angle	1840 mm <b>6'0"</b>	1795 mm <b>5'11"</b>	1900 mm <b>6'3"</b>
Reach with arm horizontal and bucket level	2690 mm <b>8'10"</b>	2580 mm <b>8'6"</b>	2865 mm <b>9'5"</b>
Operating height (fully raised)	5710 mm <b>18'9"</b>	5590 mm <b>18'4"</b>	5895 mm <b>19'4"</b>
Overall length	8460 mm <b>27'9"</b>	8350 mm <b>27'5"</b>	8640 mm <b>28'4"</b>
Loader clearance circle (bucket at carry, outside corner of bucket)	14540 mm <b>47'8"</b>	14460 mm <b>47'5"</b>	14620 mm <b>48'</b>
Digging depth: 0°	120 mm <b>4.7"</b>	120 mm <b>4.7"</b>	120 mm <b>4.7"</b>
10°	350 mm <b>1'2"</b>	330 mm <b>1'1"</b>	380 mm <b>1'3"</b>
Static tipping load: straight	14960 kg <b>32,981 lb</b>	14915 kg <b>32,882 lb</b>	14710 kg <b>32,430 lb</b>
40° full turn	13785 kg <b>30,390 lb</b>	13770 kg <b>30,358 lb</b>	13615 kg <b>30,016 lb</b>
Breakout force	179 kN 18300 kgf <b>40,333 lb</b>	196 kN 19980 kgf <b>44,048 lb</b>	158 kN 16135 kgf <b>35,572 lb</b>
Operating weight	18530 kg <b>40,852 lb</b>	18620 kg <b>41,050 lb</b>	18700 kg <b>41,226 lb</b>

\* At the end of B.O.C.

All dimensions, weights, and performance values based on SAE J732c and J742b standards.

Static tipping load and operating weight shown include lubricant, coolant, full fuel tank, ROPS Level 2 ..cab, additional counterweight, and operator. Machine stability and operating weight affected by counterweight, tire size, and other attachments.

Apply the following weight changes to operating weight and static tipping load.



## WEIGHT CHANGES

Attachments	Operating weight		Tipping load straight		Tipping load full turn	
	kg	lb	kg	lb	kg	lb
Remove additional counterweight	-340	-750	-860	-1,900	-720	-1,590



## STANDARD EQUIPMENT

- 2-spool valve for boom and bucket controls
- Auto air conditioner
- Alternator, 60 A
- Auto shift transmission with mode select system
- Back-up alarm
- Back-up lamp
- Batteries, 150 Ah/12 V x 2
- Boom kick-out
- Bucket positioner
- Counterweight, standard and additional
- Directional signal
- ECSS (Electronically Controlled Suspension System)
- Engine, Komatsu SAA6D114E-3 diesel
- Engine shut-off system, electric
- Fan, auto reversing, hydraulic driven
- Floor mat
- Front fenders
- Fuel prefilter with water separator
- KOMTRAX™
- Lift cylinders and bucket cylinder
- Loader linkage with standard lift arm
- Main monitor panel with EMMS (Equipment Management Monitoring System)
- PPC fingertip control, two levers
- Radiator mask, lattice type
- Rear defroster (electric)
- Rear view mirrors for cab
- Rear window washer and wiper
- Rims for 23.5-25 tires
- ROPS/FOPS Level 2 cab
- Seat belt, 76 mm 3" wide
- Seat, air suspension with automatic weight adjustment
- Service brakes, wet disc type
- Starting motor, 7.5 kW/24 V
- Steering wheel, tilttable, telescopic
- Sun visor
- Transmission, 4 forward and 4 reverse
- Vandalism protection kit



## OPTIONAL EQUIPMENT

- 3-spool valve with lever and piping
- AM/FM stereo radio cassette
- Cutting edge (bolt-on type)
- Emergency steering (SAE)
- Engine pre-cleaner with extension
- Limited slip differential (F&R)
- Mono-lever loader control with transmission FIR switch
- Rear full fenders

AESS712-02

©2007 Komatsu America Corp. Printed in USA

K06(5M) C

06/07 (EV-1)

# KOMATSU®

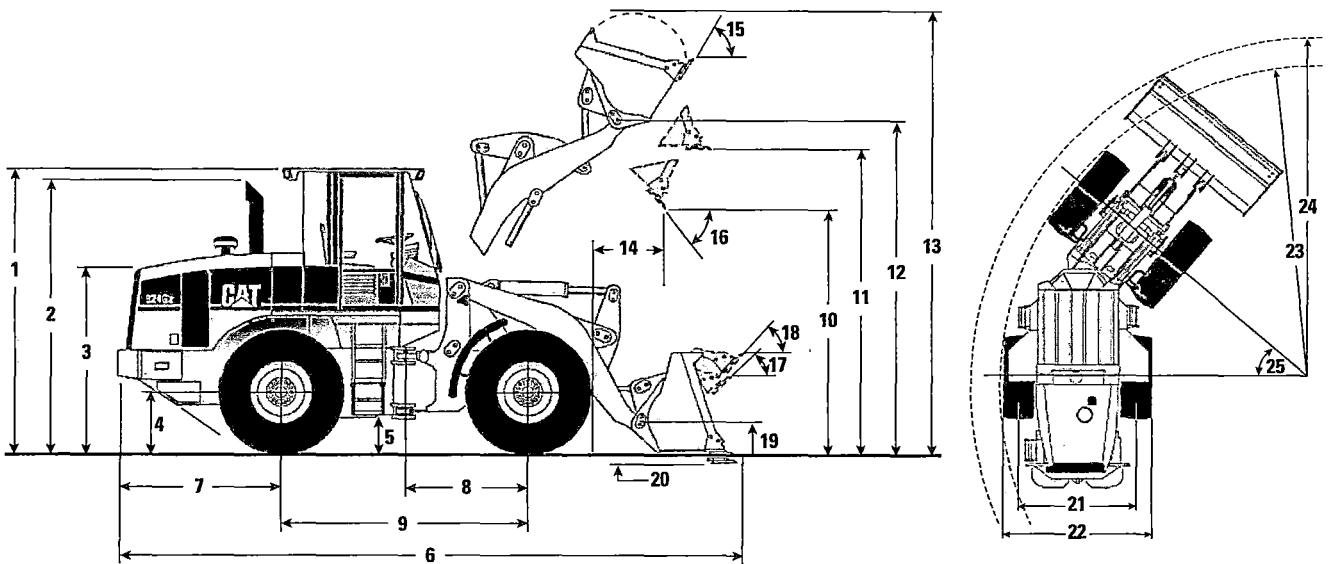


[www.KomatsuAmerica.com](http://www.KomatsuAmerica.com)

Komatsu America Corp. is an authorized licensee of Komatsu Ltd. Materials and specifications are subject to change without notice  
**KOMATSU** is a registered trademark of Komatsu Ltd., Japan  
 KOMTRAX™ is a trademark of Komatsu America Corp.

## Dimensions with Bucket

All dimensions are approximate. Dimensions vary with bucket. Refer to Operating Specifications chart.



1	Height to top of ROPS/FOPS	3228 mm	(10 ft 8 in)
2	Height to top of exhaust stack	3211 mm	(10 ft 7 in)
3	Height to top of hood	2219 mm	(7 ft 4 in)
4	Height to center of axle	692 mm	(2 ft 4 in)
5	Ground clearance	438 mm	(1 ft 5 in)
6	Overall length	7030 mm	(23 ft 1 in)
7	Length – rear axle to bumper	1918 mm	(6 ft 4 in)
8	Center line of front axle to hitch	1400 mm	(4 ft 7 in)
9	Wheel base length	2800 mm	(9 ft 2 in)
10	Dump clearance at maximum lift and 45° dump	2828 mm	(9 ft 4 in)
11	Bucket clearance at maximum lift and level	3434 mm	(11 ft 4 in)
12	Bucket pin height at maximum lift	3759 mm	(12 ft 3 in)
13	Overall height – bucket raised	4811 mm	(15 ft 10 in)
14	Reach at maximum lift and 45° dump	790 mm	(2 ft 7 in)
15	Rack back angle at maximum lift		58°
16	Dump angle at maximum lift		45°
17	Rack back angle at ground		44°
18	Rack back angle at carry		48°
19	Carry height	435 mm	(1 ft 5 in)
20	Digging depth	42 mm	(1.7 in)

Dimensions listed are for 924Gz with optional counterweight, standard lubricants, full fuel tank, Cab with A/C, sliding glass, Cat Contour Seat, Limited Slip axles with dual disc rear, 4L 4V hydraulics, heavy duty cooler, supplemental steering, roading fenders, reversing fan, back-up alarm, guards, ride control, radio, 1.8 m<sup>3</sup> (2.3 yd<sup>3</sup>) bucket with bolt-on cutting edge, 80 kg (176 lb) operator and 20.5 R25 radial (L-3) XHA tires. Refer to Operating Specifications for bucket variations.

	17.5-25 12PR (L-2) Tires		20.5-25, 12PR (L-2) Tires	
21	Width at tread center	1880 mm (6 ft 2 in)	1880 mm (6 ft 2 in)	
22	Overall width over tires	2356 mm (7 ft 8 in)	2466 mm (8 ft 1 in)	
23	Minimum turning radius over tire	5070 mm (16 ft 7 in)	5135 mm (16 ft 10 in)	
24	Minimum turning radius over bucket	5609 mm (18 ft 5 in)	–	–
25	Steering angle – left/right	40°	40°	
	Change in vertical dimension	–68 mm (–3 in)	no change	no change

## Operating Specifications with Bucket

		General Purpose					
		With Bolt-On Cutting Edge		With Bolt-On Teeth & Segments*		With Bolt-On Teeth*	
Rated bucket capacity (§)	m <sup>3</sup>	1.8	2.1	1.8	2.1	1.7	2.0
	yd <sup>3</sup>	2.3	2.7	2.3	2.7	2.2	2.6
Struck capacity (§)	m <sup>3</sup>	1.5	1.7	1.5	1.7	1.4	1.6
	yd <sup>3</sup>	2.0	2.2	2.0	2.2	1.8	2.1
Bucket width	mm	2550	2550	2585	2585	2585	2585
	ft/in	8'4"	8'4"	8'6"	8'6"	8'6"	8'6"
<b>10</b> Dump clearance at full lift and 45° discharge (§)	mm	2828	2759	2724	2655	2724	2655
	ft/in	9'4"	9'1"	9'0"	8'9"	9'0"	8'9"
<b>14</b> Reach at full lift and 45° discharge (§)	mm	790	859	894	962	894	962
	ft/in	2'8"	2'10"	2'11"	3'2"	2'11"	3'2"
Reach at 45° discharge and 2130 mm (7'0") clearance (§)	mm	1318	1347	1360	1385	1360	1385
	ft/in	4'4"	4'6"	4'6"	4'7"	4'6"	4'7"
Reach with lift arms horizontal and bucket level	mm	2058	2155	2204	2301	2204	2301
	ft/in	6'10"	7'1"	7'3"	7'7"	7'3"	7'7"
<b>20</b> Digging depth (§)	mm	42	50	42	50	17	25
	in	1.7"	2"	1.7"	2"	0.7"	1"
<b>6</b> Overall length	mm	6890	6993	7036	7138	7017	7120
	ft/in	22'7"	22'11"	23'1"	23'5"	23'0"	23'4"
<b>13</b> Overall height with bucket at full raise (§)	mm	4811	4938	4811	4938	4811	4938
	ft/in	15'9"	16'3"	15'10"	16'3"	15'10"	16'3"
<b>24</b> Loader clearance radius with bucket in carry position (§)	mm	5609	5638	5670	5700	5670	5700
	ft/in	18'5"	18'6"	18'8"	18'9"	18'8"	18'9"
Static tipping load straight (§)	kg	8702	8619	8534	8448	8696	8636
	lb	19,184	19,001	18,814	18,624	19,171	19,039
Static tipping load full 40° turn (§)	kg	7642	7562	7473	7391	7628	7568
	lb	16,847	16,671	16,475	16,294	16,816	16,684
Breakout force (§)	kg	9876	8902	9756	8782	10 660	9535
	lb	21,772	19,625	21,508	19,361	23,501	21,021
Operating weight	kg	10 846	10 899	10 981	10 944	10 896	10 949
	lb	23,912	24,029	24,210	24,128	24,022	24,139

Specifications shown are for 924Gz with optional counterweight, standard lubricants, full fuel tank, Cab with A/C, sliding glass, Cat Contour Seat, Limited Slip axles with dual disc rear, 4L 4V hydraulics, heavy duty cooler, supplemental steering, roading fenders, reversing fan, back-up alarm, guards, ride control, radio, 1.8 m<sup>3</sup> (2.3 yd<sup>3</sup>) bucket with bolt-on cutting edge, 80 kg (176 lb) operator and 20.5 R25 radial (L-3) XHA tires.

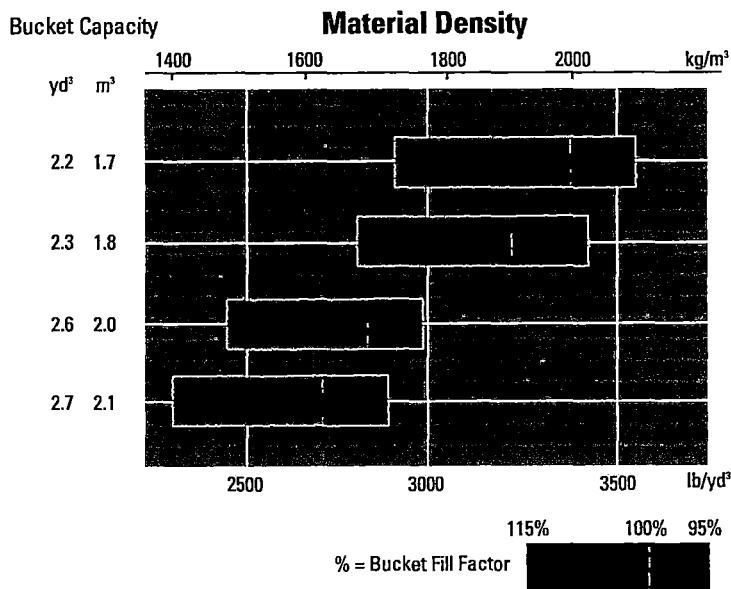
\* Dimensions are measured to the tip of the bucket teeth to provide accurate clearance data. SAE standards specifies the cutting edge.

(§) Specifications and ratings conform to all applicable standards recommended by the Society of Automotive Engineers (SAE), including SAE Standards J732 JUN92 and J742 FEB85 governing loader ratings.

## Typical Material Densities – Loose

	kg/m <sup>3</sup>	lb/yd <sup>3</sup>		kg/m <sup>3</sup>	lb/yd <sup>3</sup>
Basalt	1960	3305	Gypsum		
Bauxite, Kaolin	1420	2394	broken	1810	3052
Clay			crushed	1600	2698
natural bed	1660	2799	Limestone		
dry	1480	2495	broken	1540	2596
wet	1660	2799	crushed	1540	2596
Clay and gravel			Sand		
dry	1420	2394	dry, loose	1420	2394
wet	1540	2596	damp	1690	2849
Decomposed rock			wet	1840	3102
75% rock, 25% earth	1960	3305	Sand and clay		
50% rock, 50% earth	1720	2900	loose	1600	2698
25% rock, 75% earth	1570	2647	Sand and gravel		
Earth			dry	1720	2900
dry, packed	1510	2546	wet	2020	3416
wet, excavated	1600	2698	Sandstone	1510	2546
Granite			Shale	1250	2107
broken	1660	2799	Slag		
Gravel			broken	1750	2950
pitrun	1930	3254	Stone		
dry	1510	2546	crushed	1600	2698
dry, 6-50 mm (0.2-2")	1690	2849			
wet, 6-50 mm (0.2-2")	2020	3406			

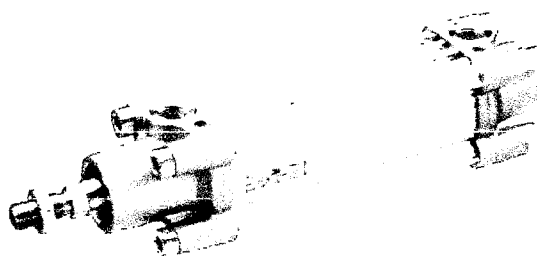
## Bucket Size Selector



Cilindros de vástago → Cilindros estandarizados

# ISO 15552, Serie PRA

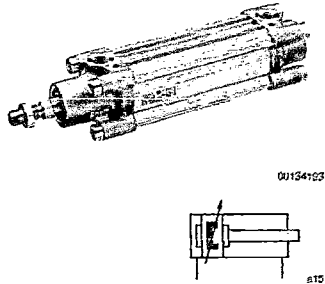
Folleto de catálogo



**Cilindros de vástago → Cilindros estandarizados**

**Cilindro de perfil, ISO 15552, Serie PRA**

► Ø 32 - 125 mm ► Orificios: G 1/8 - G 1/2 ► de efecto doble ► con émbolo magnético ► Amortiguación: regulable neumáticamente, elástico ► vástago: rosca exterior ► opcional en ATEX



Normas	ISO 15552
Conexión de aire comprimido	rosca interior
Presión de funcionamiento mín./máx	1,5 bar / 10 bar
Temperatura ambiental mín./máx.	-20°C / +80°C
Temperatura del medio mín./máx.	-20°C / +80°C
Fluido	Aire comprimido
Tamaño de partículas máx.	50 µm
contenido de aceite del aire comprimido	0 mg/m³ - 5 mg/m³
Presión para determinar las fuerzas de émbolo	6,3 bar

Materiales:	
tubo de cilindro	aluminio, anodizado
vástago	acero inoxidable
Tapa frontal	fundición aluminio a presión
Tapa final	fundición aluminio a presión
Junta	poliuretano
tuerca para vástago de émbolo	acero, galvanizado
Rascador	poliuretano

**Observaciones técnicas**

- El punto de condensación de presión se debe situar como mínimo 15 °C por debajo de la temperatura ambiental y del medio, y debe ser como máx. de 3 °C.
- El contenido de aceite del aire comprimido debe permanecer constante durante toda la vida útil.
- Utilice sólo aceites permitidos por Bosch Rexroth, véase capítulo "Información técnica".
- Los cilindros con certificación ATEX se pueden generar en el configurador de Internet.
- Identificación ATEX: II 2G2D c T4 T135°C -20°C ≤Ta ≤60°C
- Para los cilindros con certificación ATEX no se aplica el rango de temperatura que se indica en el encabezado. Véase a tal fin la identificación ATEX.

Ø del émbolo	[mm]	32	40	50	63	80	
Fuerza de émbolo durante retracción	[N]	435	660	1035	1765	2855	
Fuerza de émbolo durante extracción	[N]	505	790	1235	1960	3165	
Longitud de amortiguación	[mm]	11,5	15	17	16,5	19,5	
Energía de amortiguación	[J]	4,8	9	15	27	54	
Peso	0 mm de carrera	[kg]	0,5	0,65	1,06	1,42	2,37
	+10 mm de carrera	[kg]	0,022	0,032	0,047	0,054	0,085
Carrera máx.	[mm]	1600	1900	2100	2500	2800	

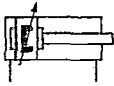
Ø del émbolo	[mm]	100	125			
Fuerza de émbolo durante retracción	[N]	4635	7220			
Fuerza de émbolo durante extracción	[N]	4945	7725			
Longitud de amortiguación	[mm]	19,5	22			
Energía de amortiguación	[J]	88	140			
Peso	0 mm de carrera	[kg]	3,51	6,72		
	+10 mm de carrera	[kg]	0,1	0,15		
Carrera máx.	[mm]	2800	2750			

Los números de material marcados en negrita están disponibles en el almacén central de Alemania; para información más detallada ver en la cesta de la compra

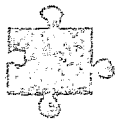
## Cilindros de vástago → Cilindros estandarizados

**Cilindro de perfil, ISO 15552, Serie PRA**

► Ø 32 - 125 mm ► Orificios: G 1/8 - G 1/2 ► de efecto doble ► con émbolo magnético ► Amortiguación: regulable neumáticamente, elástico ► vástago: rosca exterior ► opcional en ATEX

	Ø del émbolo Rosca del vástago de émbolo Orificios Ø del vástago de émbolo	32 M10x1,25 G 1/8 12	40 M12x1,25 G 1/4 16	50 M16x1,5 G 1/4 20	63 M16x1,5 G 3/8 20	80 M20x1,5 G 3/8 25
	Carrera 25	0822120001	0822121001	0822122001	0822123001	0822124001
	50	0822120002	0822121002	0822122002	0822123002	0822124002
	80	0822120003	0822121003	0822122003	0822123003	0822124003
	100	0822120004	0822121004	0822122004	0822123004	0822124004
	125	0822120005	0822121005	0822122005	0822123005	0822124005
	160	0822120006	0822121006	0822122006	0822123006	0822124006
	200	0822120007	0822121007	0822122007	0822123007	0822124007
	250	0822120008	0822121008	0822122008	0822123008	0822124008
	320	0822120009	0822121009	0822122009	0822123009	0822124009
	400	0822120010	0822121010	0822122010	0822123010	0822124010
	500	0822120011	0822121011	0822122011	0822123011	0822124011
		Ø del émbolo Rosca del vástago de émbolo Orificios Ø del vástago de émbolo	100 M20x1,5 G 1/2 25	125 M27x2 G 1/2 32		
	Carrera 25	0822125001	R480140491			
	50	0822125002	R480140455			
	80	0822125003	R480141371			
	100	0822125004	R480079499			
	125	0822125005	R480140083			
	160	0822125006	R480079809			
	200	0822125007	R480140833			
	250	0822125008	R480141106			
	320	0822125009	R480140759			
	400	0822125010	R480141373			
	500	0822125011	R480141666			

## producto configurable



Este producto es configurable. Haga uso de nuestro configurador de Internet en [www.boschrexroth.com/pneumatics](http://www.boschrexroth.com/pneumatics) o póngase en contacto con el centro de ventas Bosch Rexroth más cercano.

Los números de material marcados en negrita están disponibles en el almacén central de Alemania; para información más detallada ver en la cesta de la compra

Catálogo de neumática, PDF online, estado 2009-08-19, © Bosch Rexroth AG, reservado el derecho a realizar modificaciones

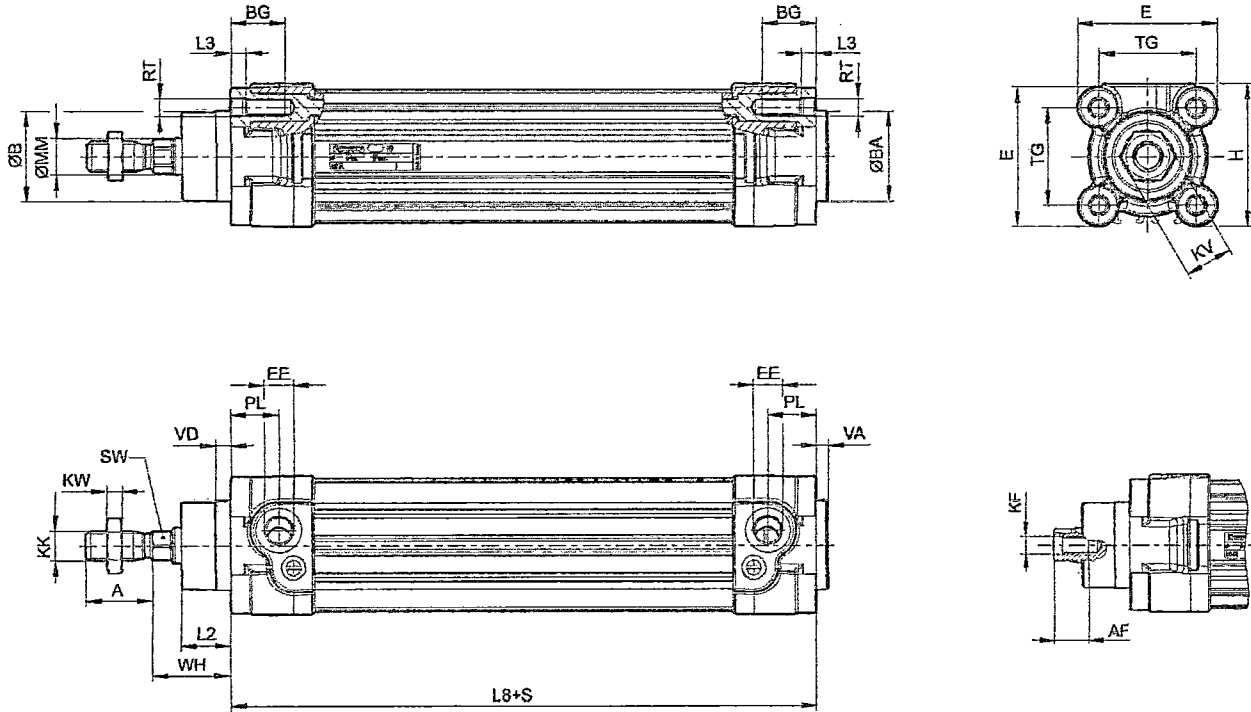


Cilindros de vástago → Cilindros estandarizados

Cilindro de perfil, ISO 1552, Serie PRA

► Ø 32 - 125 mm ► Orificios: G 1/8 - G 1/2 ► de efecto doble ► con émbolo magnético ► Amortiguación: regulable neumáticamente, elástico ► vástago: rosca exterior ► opcional en ATEX

Dimensiones



S = carrera

00134208\_a

Ø del émbolo	A-2	AF+1	ØB d11	ØBA d11	BG min.	E	EE	H	KF	KK	KV
32	22	12	30	30	16	46,5	G1/8	47,5	M6	M10x1,25	16
40	24	13,5	35	35	16	53	G1/4	53	M8	M12x1,25	18
50	32	17	40	40	16	65	G1/4	65	M10	M16x1,5	24
63	32	17	45	45	16	75	G 3/8	75	M10	M16x1,5	24
80	40	21	45	45	17	95	G 3/8	95	M12	M20x1,5	30
100	40	21	55	55	17	115	G 1/2	115	M12	M20x1,5	30
125	54	28	60	60	20	140	G 1/2	140	M16	M27x2	41

Ø del émbolo	KW	ØMM f8	PL	L2	L3 ±0,5	L8	RT	SW	TG	VA -1	VD	WH
32	5	12	16	16,25	4,5	94±0,4	M6	10	32,5±0,5	4	5	26±1,4
40	6	16	20	18,25	4,5	105±0,7	M6	13	38±0,5	4	5	30±1,4
50	8	20	19	25	4,5	106±0,7	M8	17	46,5±0,6	4	5	37±1,4
63	8	20	24	25	4,5	121±0,8	M8	17	56,5±0,7	4	5	37±1,8
80	10	25	23,5	33	0	128±0,8	M10	22	72±0,7	4	5	46±1,8
100	10	25	25	36	0	138±1	M10	22	89±0,7	4	5	51±1,8
125	13,5	32	33	45	0	160±1	M12	27	110±1,1	6	7	65±2,2

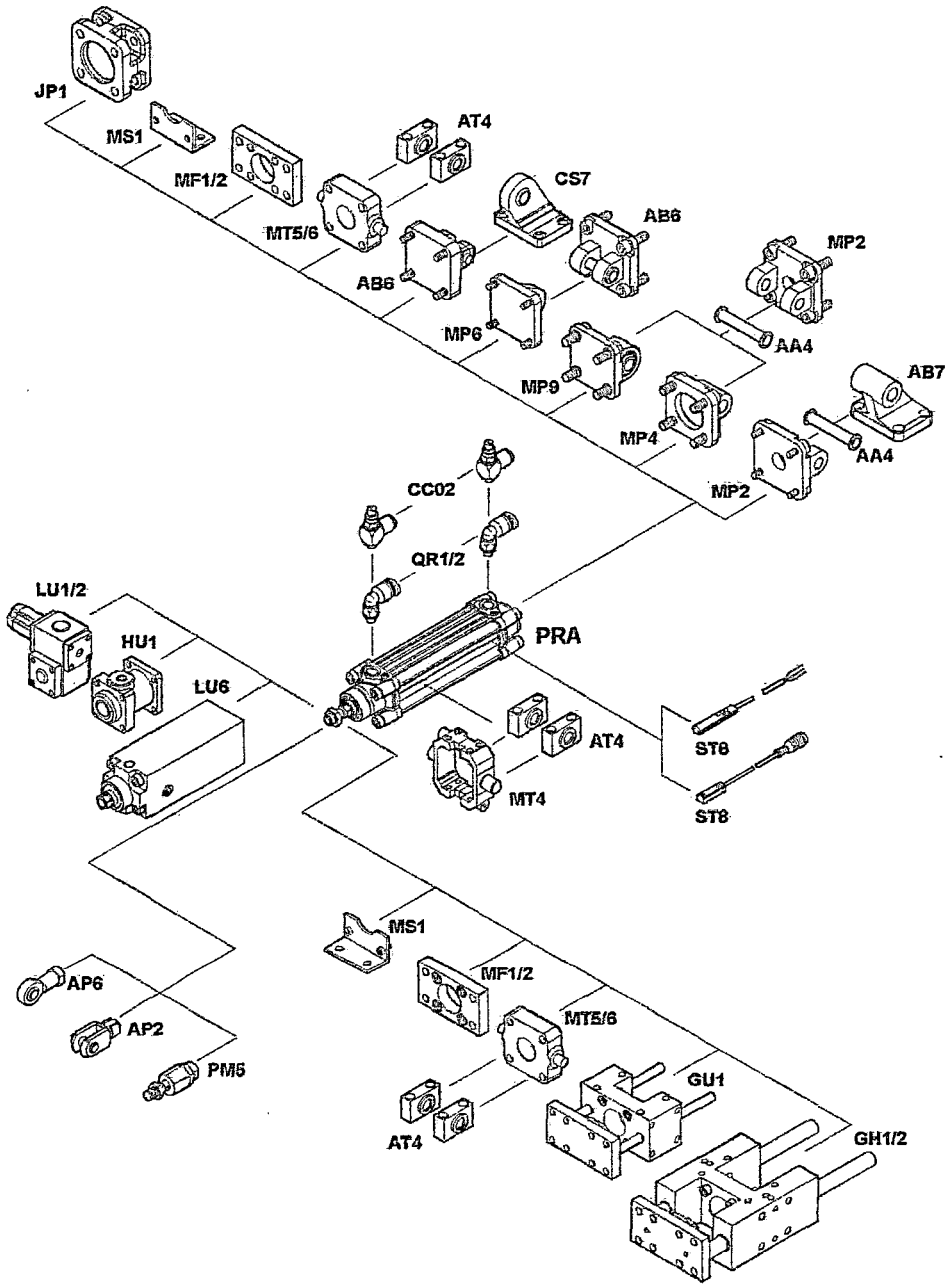
Los números de material marcados en negrita están disponibles en el almacén central de Alemania; para información más detallada ver en la cesta de la compra

Cilindros de vástago → Cilindros estandarizados

ISO 1552, Serie PRA  
Accesorios

vista general de accesorios

Plano de vista general



00427866

INDICACIÓN:

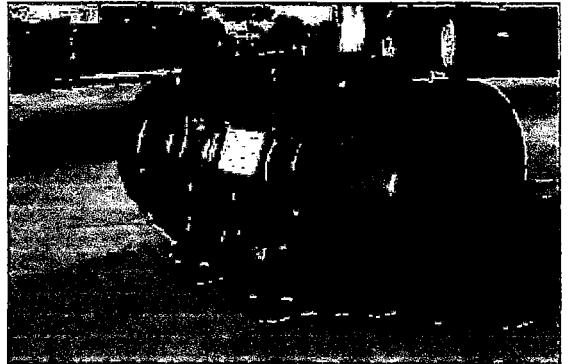
Este plano de vista general sirve como orientación para saber en qué lugares pueden fijarse al cilindro los diferentes accesorios. Para ello se ha simplificado la representación. En consecuencia, no está permitido hacer deducciones concretas sobre datos de medidas.

# Vibradores VE3

La serie de vibradores Powtek VE3 / 900 está diseñada para aplicaciones que requieren una amplitud muy grande.

Todas las unidades están diseñadas para trabajo continuo aún trabajando a máxima potencia.

La fuerza centrífuga puede ser ajustada con precisión desde un 20 % hasta el 100 %



## VE3 900 RPM Trifásico

PERFORMANCE DATA								
MODELO	FUERZA CENTRIFUGA	DESBALANCE	HP	CORRIENTE NOMINAL 460 V	CORRIENTE NOMINAL 230 V	FACTOR DE CORRIENTE AL ARRANQUE	TAMAÑO	PESO
	lbs	in -lbs	h.p.	Amps	Amps			lbs
VE3/9/1500	1646	72	0.67	1.2	2.4	2.6	15-A	125
VE3/9/2000	2405	105	0.80	1.4	2.8	2.7	15-B	154
VE3/9/3000	3245	141	1.61	2.3	4.6	3.5	20	209
VE3/9/5000	5166	225	2.41	3.9	7.8	3.8	30	304
VE3/9/8000	8140	354	3.22	5.3	10.6	4.6	50	422
VE3/9/12000	12423	540	6.70	8.8	17.6	3.6	70	603
VE3/9/14000	15239	667	8.72	10.5	21	3.3	70-B	697
VE3/9/15000	15470	673	9.1	11	22	3.6	120-A	836
VE3/9/18000	17224	749	9.4	11.2	22.4	3.5	120-A	880
VE3/9/21000	21399	930	10.7	13	26	3.2	120-B	1034
VE3/9/24000	23923	1040	11.4	13.4	27	3.4	120-C	1067
VE3/9/50000	54670	2377	18.5	24.4	49	5.6	200	2134

El VE3 / 900 es ampliamente usado



con zarandas vibratorias para productos cuyas particulas son generalmente de tamaño mayor a 2"

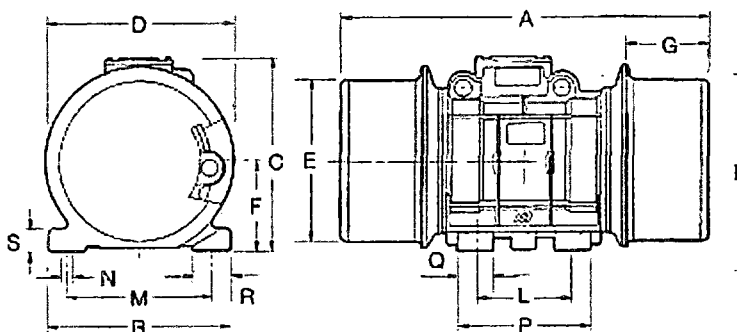


camas para secado de fluidos y trituradoras

# DIMENSIONES

## DIMENSIONES

MODELO	A	B	C	D	E	F	G	L	M	N	P	Q	R	S	BOLT HOLE NSR
VE3/9/1500	19.21	9.65	10.24	10.16	8.62	4.80	4.21	5.51	7.48	0.67	7.48	1.57	1.77	0.98	4
VE3/9/2000	21.42	9.65	10.24	10.16	8.62	4.80	5.31	5.51	7.48	0.67	7.48	1.57	1.77	0.98	4
VE3/9/3000	22.83	10.83	12.20	10.94	9.41	5.20	5.35	6.10	8.86	0.83	8.07	1.97	2.17	1.18	4
VE3/9/5000	24.02	12.80	13.54	12.80	11.14	6.18	5.39	6.14	10.08	0.91	8.66	2.17	2.36	1.38	4
VE3/9/8000	27.44	13.39	14.72	13.98	12.17	6.77	6.30	7.09	11.02	0.98	9.45	2.36	2.56	1.57	4
VE3/9/12000	30.79	15.35	16.26	15.67	13.66	7.52	6.97	7.87	12.6	1.10	11.02	2.95	3.07	1.77	4
VE3/9/14000	33.31	15.35	16.26	15.67	13.66	7.52	7.95	7.87	12.6	1.10	11.02	2.95	3.07	1.77	4
VE3/9/15000	34.65	17.91	17.64	18.11	16.18	8.86	8.07	10.24	14.76	1.26	13.39	3.39	3.27	1.97	6
VE3/9/18000	34.65	17.91	17.64	18.11	16.18	8.86	8.07	10.24	14.76	1.26	13.39	3.39	3.27	1.97	6
VE3/9/21000	35.43	17.91	17.64	18.11	16.18	8.86	8.07	10.24	14.76	1.26	13.39	3.39	3.27	1.97	6
VE3/9/24000	35.43	17.91	17.64	18.11	16.18	8.86	8.07	10.24	14.76	1.26	13.39	3.39	3.27	1.97	6
VE3/9/50000	43.30	24.21	23.62	23.42	21.30	11.81	8.66	16.55	20.47	1.77	21.45	3.54	3.94	1.97	8



## VENTAJAS

*La carcasa está fabricada en fundición de acero dúctil y fuerte de reconocida flexibilidad mecánica.*

*El bobinado central es de bajo consumo de energía para evitar el sobrecalentamiento del motor durante la operación.*

*El recubrimiento es altamente resistente a los impactos, a la abrasión y al ataque de una gran variedad de agentes químicos.*

*Las unidades usan únicamente rodamientos sobredimensionados para soportar grandes fuerzas axiales y radiales.*

*Todas las unidades llevan rodamientos con graseras por ambos lados.*

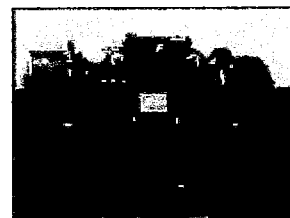
*Las aplicaciones verticales ya no vienen más con rodamientos de tipo seco.*



VIBR A T O R E S I N D U S T R I A L E S

3060 BRISTOL ROAD SUITE 236  
BENSALEM, PA 19020  
TEL: 215-752-9901 FAX: 215-702-1607

[powtek@powtek.us](mailto:powtek@powtek.us)  
[www.powtek.us](http://www.powtek.us)



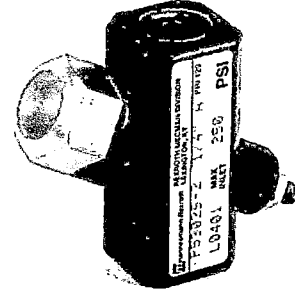
# Flow Control Valve

Flore®

**Rexroth**  
Bosch Group

## ◆ Flore® Type A

Type Standard Flow Regulation  
 Working Pressures Pneumatic-Vacuum to 250 PSIG Max.  
 Hydraulic-500 PSIG Max. Non-shock applications.  
 Temperature Range -40° to +160° F (+200° F Intermittent)  
 Media Air or hydraulic fluid  
 Port Size 1/4" to 1" NPTF



## ◆ Flore® Type B

Type "Micrometer" or Fine Flow Regulation  
 Working Pressure Vacuum to 250 PSIG Max.  
 Temperature Range -40° to +160° F (+200° F Intermittent)  
 Media Air  
 Port Size 1/8" to 1" NPTF

## ○ Operating Characteristics

The FLORE® Valve is an adjustable device that works with other components of a fluid circuit to time, to sequence or to coordinate operations. It controls the rate at which a gas or liquid can flow in one direction through a circuit, yet allows free flow in the opposite direction. CONTROLLED FLOW-Fluid flow is limited by orifice created by diameter differences of valve and valve seat. FREE FLOW-Fluid forces valve upward to compress spring and increase orifice to maximum size. Spring holds valve on its seat in body. Adjusting screw raises valve from seat for flow.

## ➔ Model - Type A

Characteristic Capacity Cv	Size NPTF	Standard Flow Regulation			
		Part No.	Approx Weight	Repair Kit No.*	
1.81	1/4"	P-053025-00002	2.5 oz.	P-069547-00000	
3.37	3/8"	P-053020-00002	3.5 oz.	P-069548-00000	
4.95	1/2"	P-053010-00002	6.0 oz.	P-069549-00000	
9.50	3/4"	P-055010-00000	24.0 oz.	P-069550-00000	
13.78	1"	P-054986-00000	22.0 oz.	P-069550-00000	

\*Repair kits include plunger assembly, screw, spring, and 'o' rings.

## ➔ Model - Type B

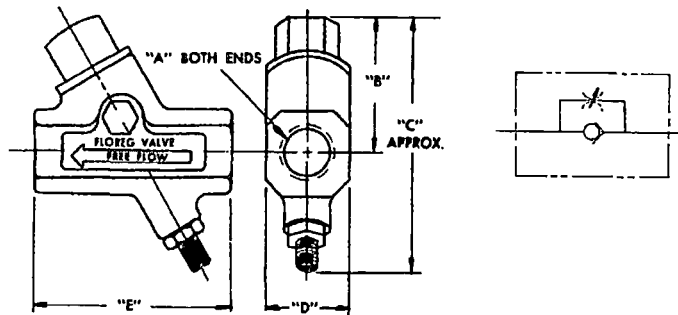
Characteristic Capacity Cv	Size NPTF	Micrometer or Fine Flow Regulation			
		Part No.	Approx Weight	Repair Kit No.*	
1.16	1/8"	P-055017-00000	3.25 oz.	P-069551-00000*	
1.28	1/4"	P-055018-00000	3.25 oz.	P-069551-00000*	
2.98	3/8"	P-055019-00000	4.5 oz.	P-069552-00000*	
3.35	1/2"	P-055020-00000	8.5 oz.	P-069553-00000*	
9.50	3/4"	P-055021-00000	27.0 oz.	P-069554-00000*	
13.28	1"	P-055022-00000	25.0 oz.	P-069554-00000*	

\*Repair kits include plunger assembly, screw, spring, and 'o' ring.

# Flow Control Valve

Floreg®

**Rexroth**  
Bosch Group



## DIMENSIONS

Size	A	B	C	D	E
1/8"	1/8"-27 Dryseal NPTF	1 1/4"	2 7/16"	7/8"	2"
1/4"	1/4"-18 Dryseal NPTF	1 1/4"	2 7/16"	7/8"	2"
3/8"	3/8"-18 Dryseal NPTF	1 1/2"	3"	1"	2 3/8"
1/2"	1/2"-14 Dryseal NPTF	1 5/8"	3 3/16"	1 1/4"	2 3/4"
3/4"	3/4"-14 Dryseal NPTF	2 1/2"	4 3/4"	2"	4"
1"	1"-11 1/2 Dryseal NPTF	2 1/2"	4 3/4"	2"	4"



# PRIMARIO EPÓXICO TILE CLAD II B63NJ11/B60VJ05

## BOLETÍN TÉCNICO

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	CARACTERÍSTICAS	PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE
<p>Recubrimiento desarrollado a partir de resinas epóxicas, con pigmentación libre de plomo, que endurece por la acción de un reactivo químico a base de una resina Poliámidica, envasados por separado, y que proporciona excelente protección contra la corrosión.</p> <p><b>USOS :</b></p> <p>Teniendo en cuenta que se trata de un recubrimiento para mantenimiento pesado podrá ser utilizado en taller o en campo para fierro y acero ya sea en exposiciones interiores o exteriores, además puede recubrirse con Recubrimientos Epóxicos ó de Poliuretano, siendo recomendado como Sistema de Protección en las siguientes áreas.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Industria Química, Refinerías.</li> <li>• Industria Siderúrgica.</li> <li>• Plantas Eléctricas.</li> <li>• Equipos de Perforación.</li> <li>• Equipo de Laboratorio.</li> <li>• Almacenamiento de agua potable.</li> <li>• Almacenamiento de crudo y destilados sin tratar.</li> <li>• Protección de equipo contra agentes químicos.</li> </ul> <p><b>RESISTENCIA FISICA</b> <b>Sistema Primario/Acabado Tile Clad II (4.0 mils/10 mils) SSPC-SP-10</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistencia al calor seco: 120 °C.</li> <li>• (ASTM D 2485).</li> <li>• Resistencia a la abrasión: 132 mg.</li> <li>• (ASTM D 4060, 1000 ciclos y Kg. Taber Abraser.</li> <li>• Impacto directo: Mayor de 30 libras/pulg.</li> <li>• (ASTM D 2794).</li> <li>• Durabilidad exterior: Excelente (sufre caleo entre los 3 y 6 meses de aplicado, pero sigue conservando sus propiedades de protección.</li> <li>• Dureza lápiz: 2H-3H (ASTM D 3363).</li> <li>• Resistencia cámara salina - 1000 horas.</li> <li>• (ASTM D 117)</li> </ul> <p><b>RESISTENCIA QUIMICA.</b> Resistencia a salpicaduras, derrames y vapores, no para inmersión(ANSI N5.12)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alcoholes, Glicol, Eter: Moderada</li> <li>• Hidrocarburos alifáticos: Severa</li> <li>• Hidrocarburos Aromáticos: Moderada</li> <li>• Agua : Severa</li> <li>• Soluciones de Acidos: Moderadas</li> <li>• Aceites lubricantes, de corte, de tipo mineral ó vegetal: Severo</li> </ul> <p>En aplicaciones específicas consultar al Departamento Técnico de Cía. Sherwin Williams S.A. de C.V.</p>	<p><b>Acabado:</b> Semi-mate (35 ± 20 unidades a 60°) <b>Color:</b> Canela.</p> <p><b>No. de componentes:</b> Dos. Base: B63NJ11. Catalizador: B60VJ05.</p> <p><b>Nivel de catalización:</b> 1 parte de Primario B63NJ11 por una 1 parte de B60VJ05.</p> <p><b>Vida útil de la mezcla a 25°C:</b> 8 hrs.</p> <p><b>Sólidos en peso:</b> 67.4 ± 2%. <b>Sólidos en volumen:</b> 44.4 ± 2%.</p> <p><b>Secado a 25°C y a un espesor de 1.5 mils húmedas.</b> Al tacto: 1 hora. Libre de huella: 3 horas. Duro: 24 horas. Recubrir: 6 horas mínimo, máximo 24 horas. Servicio: 7 días (inmersión).</p> <p><b>Rendimiento teórico a 1.0 mils de espesor seco:</b> 17.5 m<sup>2</sup>/litro.</p> <p><b>Espesor de película seca por capa:</b> 3.0 a 4.0 mils</p> <p><b>No. de capas:</b> Una.</p> <p><b>Aplicación:</b> Aspersión, brocha.</p> <p><b>Reducción:</b> 10 a 20% con R90KJ12.</p> <p><b>Nota.</b> Al calcular el rendimiento práctico, se deberá de tomar en cuenta pérdidas por aplicación, manejo de materiales e irregularidades de la superficie, que pueden ser del orden de un 50% o más, por lo que se recomienda realizar una prueba de aplicación, para determinar el factor real de desperdicio de la obra que se este haciendo.</p> <p><b>Envase de presentación:</b> Acabado 19 litros. Catalizador 19 litros.</p> <p><b>Almacenamiento:</b> Un año bajo techo y en lugar seco y fresco.</p>	<p>En general toda superficie a pintar deberá estar libre de contaminantes como son: óxido, herrumbre, grasa, suciedad, pintura suelta ó descascarada. Para máxima durabilidad y desempeño se recomienda limpieza con abrasivos. <b>Superficies nuevas</b></p> <p><b>ACERO:</b> Deberán eliminarse grasa y aceites mediante limpieza con disolventes de acuerdo a la Norma SSPC-SP-1, seguida después de limpieza con abrasivos de acuerdo a la Norma SSPC-SP-6 (perfil de anclaje 2.0 mils), con un perfil de anclaje de 1.5 a 2.0 mils, la mínima preparación de superficie aceptable es a base de limpieza manual mecánica SSPC-SP-3.</p> <p><b>Superficies repintadas</b></p> <p>Eliminar toda la pintura en mal estado de adherencia y apariencia. Limpiar todo rastro de moho, oxidación y materia extraña que pueda afectar la adherencia entre la superficie y la pintura. Mediante limpieza manual-mecánica SSPC-SP-3, para ambientes de exposición moderados a corrosivos se recomienda limpieza con abrasivos Acabado Comercial SSPC-SP-6. Se recomienda verificar la adherencia entre capa nueva y anterior cuando se trate de repintados, ya que si se presentan problemas de adherencia entre la capa nueva y la anterior será necesario eliminar la pintura anterior y preparar la superficie ya sea por medios manual mecánicos o bien con Sand-Blast.</p> <p><b>Exposición en inmersión</b></p> <p><b>ACERO:</b> Se recomienda Limpieza con Abrasivos Acabado Metal Blanco SSPC-SP-5 (perfil de anclaje 2.0 mils)</p>



# PRIMARIO EPOXICO TILE CLAD II B63NJ11/B60VJ05

## BOLETÍN TÉCNICO

SISTEMAS RECOMENDADOS	APLICACIÓN	PRECAUCIONES
<p><b>ACERO</b></p> <p><b>a) Sistema Epóxico.(Brillante)</b> Una capa de Primario Tile Clad II B63NJ11/B60VJ05 a un espesor seco de 3.0-4.0 mils. Dos capas de esmalte Epóxico Tile Clad II Línea B63/B60VJ05 a un espesor seco por capa de 3.0 a 4.0 mils. Espesor seco total 9.0 a 12.0 mils.</p> <p><b>b) Sistema Inorgánico Acabado Epóxico.</b> Una capa de Primario Inorgánico de Zinc B59AJ09 a un espesor de película seca de 2-3 mils. Dos capas de acabado Esmalte Epóxico Tile Clad II Línea B63/B60VJ05 a un espesor seco por capa de 3.0 - 4.0 mils. Espesor seco total: 8.0 - 11.0 mils. Para proporcionar un acabado mate deberá de usarse el catalizador B60VJ07 a los mismos espesores de aplicación.</p> <p><b>c) Sistema Epóxico-Poliuretano</b> Una capa de Primario Tile Clad a un espesor seco de 3.0 mils. Dos capas de Esmalte de Poliuretano Poli-Acyl Línea F64/V66VJ38 a un espesor seco por capa de 1.5 - 2.0 mils Espesor seco total: 6.0 - 7.0 mils.</p> <p><b>d) Sistema Epóxico-Poliuretano AR</b> Una capa de Primario Tile Clad a un espesor seco de 3.0 mils. Dos capas de Esmalte de Poliuretano Alta Resistencia Línea F63/V66VJ27 a un espesor seco por capa de 1.5 - 2.0 mils Espesor seco total: 6.0 - 7.0 mils.</p>	<p><b>Condiciones de Aplicación:</b> Humedad relativa para aplicación: 85% máximo. Temperatura: 10°C a 40°C</p> <p>Agitar perfectamente el acabado.</p> <p>Mezclar perfectamente en volumen: 1 partes de B63NJ11. 1 parte de B60VJ05.</p> <p>Dejar reposar la mezcla durante 30 minutos.</p> <p>Ajustar la mezcla con el solvente recomendado: R04KJ01 ó R90KJ12.</p> <p>Filtrar el Recubrimiento.</p> <p>Reducción recomendada: Brocha: Máximo 10%. Aspersión: Máximo 20%.</p> <p>Aspersión convencional</p> <p>Pistola De Vlbiss JGA-503 Boquilla: 704. Tobera: FX. Presión de atomización: 2.5 a 3.5 Kg/cm<sup>2</sup>. Presión de fluido 1.0 a 1.5 Kg/cm<sup>2</sup>.</p> <p>Equipo Airless Presión: 2000 a 2500 psi. Boquilla 0.017-0.021". Filtro 60 mallas</p> <p>Una vez terminados los trabajos de pintura se recomienda lavar el equipo con Thinner W R07KJ71 y enjuagar con el reductor R90KJ12.</p>	<p>Para evitar el peligro de fuego y daños a la salud durante su aplicación es necesario tener las siguientes medidas de seguridad:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Usar mascarilla de aire fresco en su aplicación.</li> <li>2. Utilizar equipo eléctrico a prueba de explosión.</li> <li>3. No permitir chispas ni fumar durante su aplicación.</li> <li>4. Lavarse las manos antes de ingerir alimentos</li> <li>5. Se deberá de contar con una adecuada ventilación.</li> <li>6. Consérvese en lugar fresco y seco.</li> <li>7. No se deje al alcance de los menores de edad.</li> <li>8. No se ingiera.</li> <li>9. Cierre bien el envase después de cada uso.</li> <li>10. No mezclar con ningún otro tipo de material, ni producto ajeno al sistema.</li> <li>11. No aplicar si la temperatura ambiente está a menos de 10°C.</li> </ol> <p>Cía. Sherwin Williams S.A. de C.V., no se hace responsable por el mal uso de este producto.</p> <p>PARA CUALQUIER DUDA DIRÍJASE A SU REPRESENTANTE SHERWIN WILLIAMS O AL ÁREA DE ATENCIÓN A CLIENTES A LOS TELÉFONOS:</p> <p>Área Metropolitana: 5333-1501 Conmutador: 5333-100 Ext. 1583 Lada sin costo: 01800 71 73 123 77 10 500</p>



# MTS-1

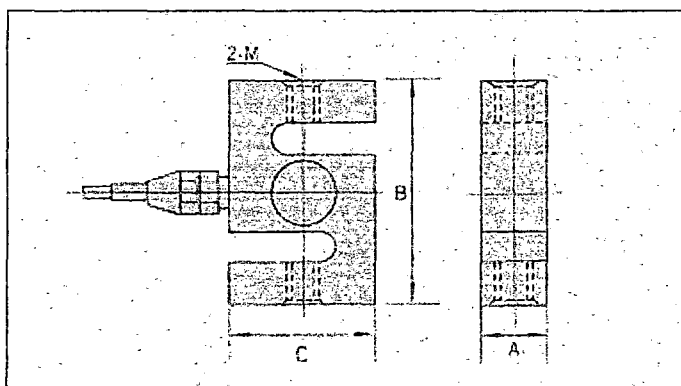


Materials: Tool steel · Stainless steel  
Material: acero · acero inoxidable

5 TYPE LOAD CELL CELDA DE CARGA A LA TENSION TIPO 5



Datos técnicos grales.	Main technical data	Unit	Technical quota	
Sensibilidad	Sensitivity	m V/V	2±0.01	3±0.01
Alinealidad	Nonlinearity	% FS	± 0.02	
Histeresis	Hysteresis			
Repetibilidad	Repeatability	% FS	0.01	
Creep	Creep	% FS/30min	± 0.02	
Balance de cero	Zero balance	% FS	± 1	
Coefficiente temp. en cero	Zero temperature coefficient	% FS / 10°C	± 0.02	
Coefficiente temp. en carga	Rated output temperature coefficient	% FS / 10°C		
Resistencia de entrada	Input resistance	Ω	385 ± 10	
Resistencia de salida	Output resistance	Ω	350 ± 3	
Resistencia de aislación	Insulation resistance	M Ω	≥ 5000	
Tensión excitación	Supply Voltage	V	10 (DC / AC) MAX: 15 (DC / AC)	
Rango compensado de temp.	Temperature compensation range	°C	-10~+50	
Temperatura límite	Safe temperature range	°C	-20~+60	
Seguridad de sobrecarga	Safe overload	% FS	120	
Cable de conexión	Connect cable	mm	Ø5 x 5000	
Método de conexión	Method of connecting wire	input: Red (+) Black (-) Output Green (+) White (-)		

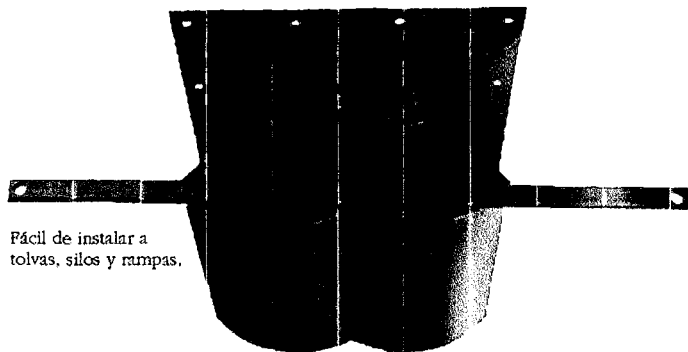


CAPACIDAD / RATED LOAD:		Medidas / Size: mm			Whorl	
Lb	kg	A	B	C	mm	inch
25-100	5-50	12.7	64	51	M8 x 1.25	1/4-28
200-1.5K	100-500	19.1	76	51	M12 x 1.75	1/2-20
2-3K	1000-2000	25.4	76	54	M12 x 1.75	1/2-20
4-5K	2500-3000	25.4	82	58	M18 x 1.5	3/4-16
10K	5000	25.4	108	76	M18 x 1.5	3/4-16
20K	10000	51	178	127	M30 x 2	1 1/4-12
40K	20000	60	188	140	M39 x 2	1 1/2-12

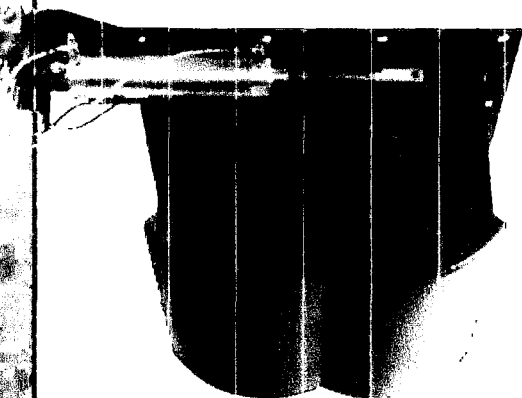
# TOLVAS DE COMPUERTA

## MODELOS DUPLEX

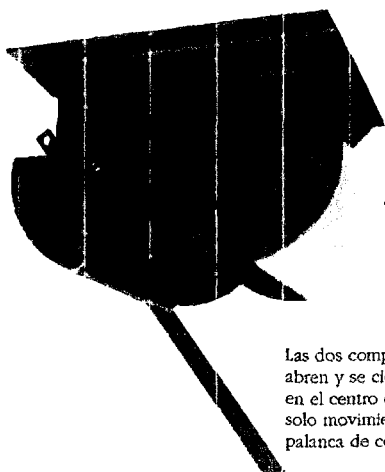
Las tolvas de compuerta Bonded® son todas soldadas en acero grueso y pesado con refuerzos de ángulo. Compuertas están balanceadas para abrirse y cerrarse fácilmente y son reemplazables. Cada tolva de compuerta Bonded® recibe dos manos de pintura esmalte industrial. Cualquier modelo de tolvas de compuerta Bonded® puede ser adaptado fácilmente a operación eléctrica. Cilindros neumáticos o hidráulicos proveen operación simple y control de remoto en situaciones de distancia. Igualmente construcción en acero inoxidable es disponible. Llame para más detalles.



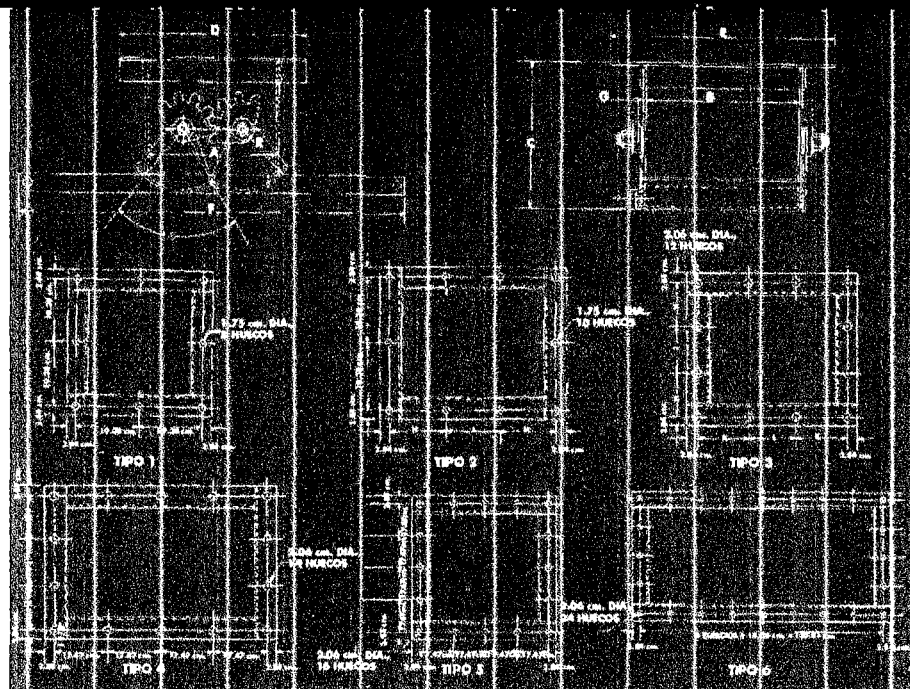
Fácil de instalar a tolvas, silos y rampas.



Compuertas Eléctricas



Las dos compuertas se abren y se cierran juntas en el centro con un solo movimiento de la palanca de control.

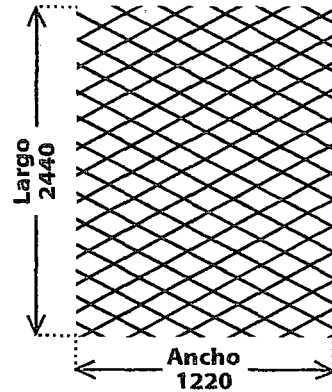
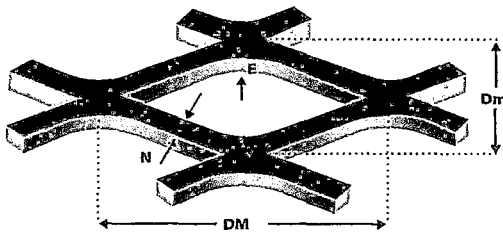


## TOLVAS DE COMPUERTA DUPLEX ESTANDAR BONDED®

TAMAÑO DE VALVULA										TIPO DE CERROJO	DIMENSIONES EN CENTIMETROS		
A	B	C	D	E	F	G	H	J	R		K	L	
30.5	30.5	29.2	44.5	44.5	51.4	0.64			1	14.0			
30.5	40.6	29.2	44.5	54.6	51.4	0.64	16.5	15.9	2	14.0			
30.5	45.7	29.2	44.5	39.7	51.4	0.64	18.1	17.8	2	16.5			
35.6	35.6	33.3	50.2	50.2	56.5	0.95	15.2	14.0	3	16.5	15.2	14.0	
35.6	45.7	33.3	50.2	60.3	56.5	0.95	18.4	17.8	3	16.5	15.2	14.0	
38.1	38.1	36.2	52.7	52.7	59.1	0.95	15.2	16.5	3	16.5	15.2	16.5	
38.1	50.8	36.2	52.7	65.4	59.1	0.95	20.3	19.1	3	16.5	12.7	16.5	
38.1	61.0	36.2	52.7	75.6	59.1	0.95	15.2	16.5	4	16.5			
40.6	40.6	36.8	55.2	55.2	101.6	0.95	15.5	16.5	3	19.7	16.5	18.5	
40.6	50.8	36.8	55.2	65.4	101.6	0.95	20.3	19.1	3	19.7	16.5	16.5	
45.7	45.7	38.1	60.3	60.3	106.7	0.95	18.4	17.8	3	21.6	18.4	17.8	
45.7	61.0	38.1	60.3	75.6	106.7	0.95	18.4	17.8	4	21.6			
50.8	50.8	43.2	65.4	65.4	111.8	0.95	20.3	19.1	3	22.9	20.3	19.1	
61.0	61.0	46.4	75.6	75.6	121.9	0.95			5	26.0			
61.0	121.9	46.4	75.6	136.5	121.9	1.27			6	26.0			

# DESPLEGADAS

## Nomenclatura:



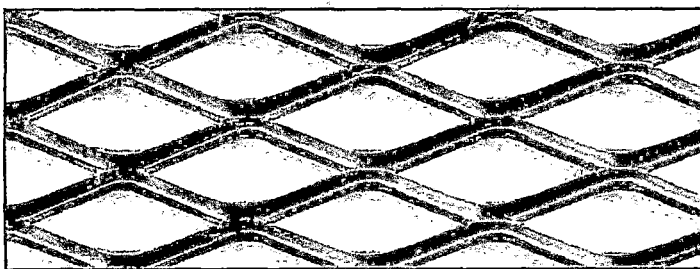
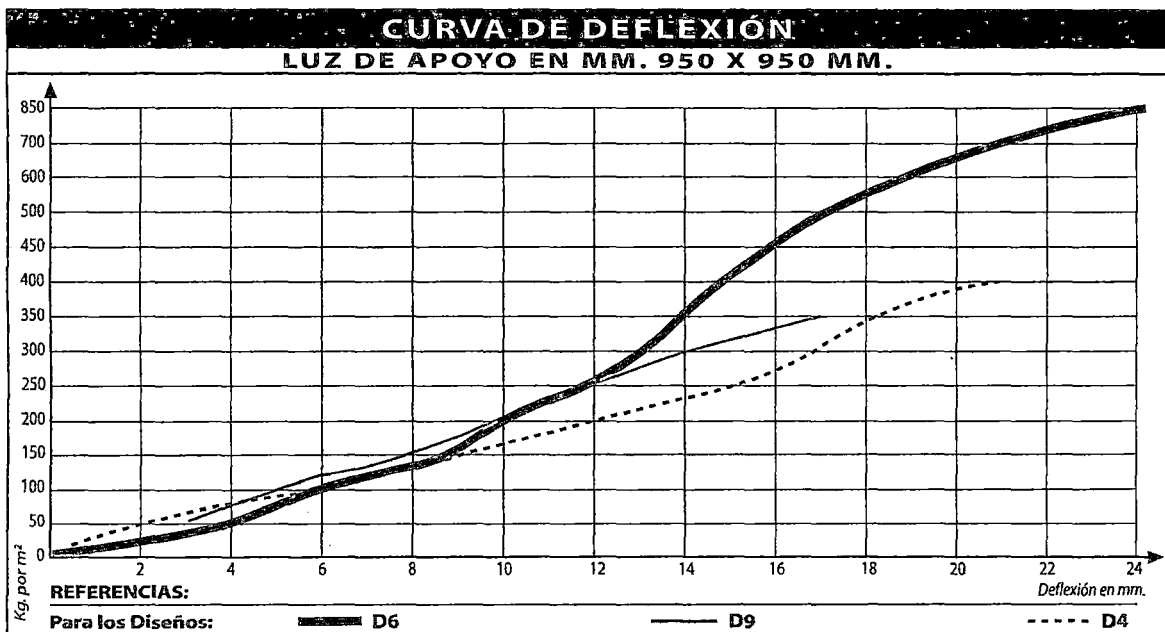
### Referencias

- DM** Diagonal mayor
- E** Espesor
- N** Nervio
- Dm** Diagonal menor

Al solicitar las hojas se debe tener en cuenta que el ancho siempre es paralelo a la diagonal mayor (**DM**), y el largo es paralelo a la diagonal menor (**Dm**), sin importar cuál de las dos dimensiones sea mayor.

## Tabla de Deflexión

PARA CARGAS CONCENTRADAS EN METALES DESPLEGADOS



Designación	DM	E	N	Dm
	30	1.6	3.0	13
Peso Kg	16.97			
Dimensión	1220 x 2440			
<b>DI / DIG</b>				

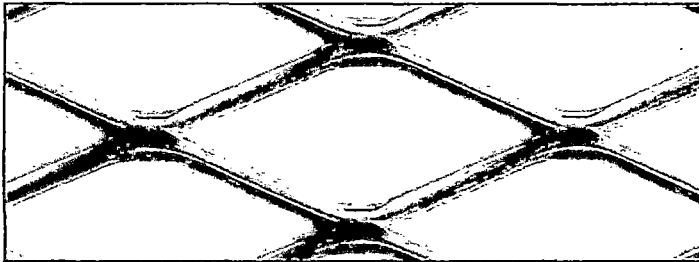
Liviana

⚡ Escala de las imágenes de este catálogo 1:1. Medidas expresadas en milímetros

⚡ ACABADO: Todos los modelos se comercializan en acabado negro o electrogalvanizado. **D** = Diseño, **G** = Galvanizado

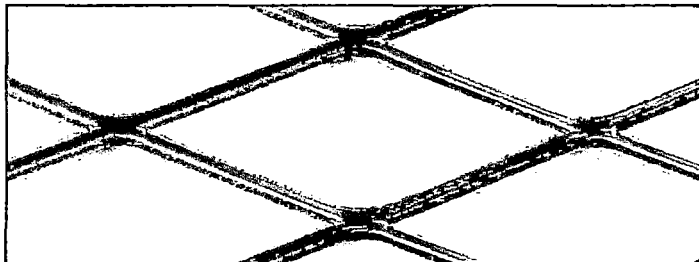
⚡ **DM** = Diagonal Mayor, **E** = Espesor, **N** = Nervio, **Dm** = Diagonal menor

### ...romboidales



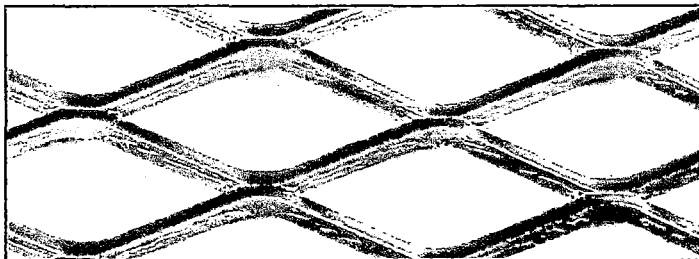
Designación	DM	E	N	Dm
	50	1.6	3.0	22
Peso Kg	10.12			
Dimensión	1220 x 2440			
<b>D2 / D2G</b>				

Liviana



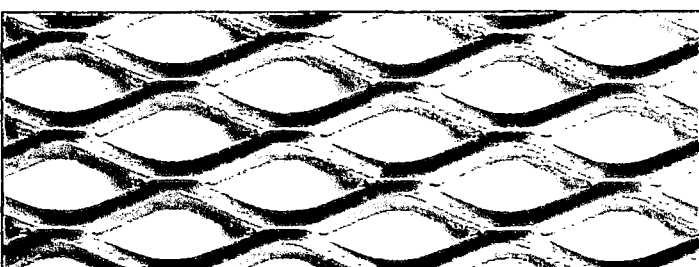
Designación	DM	E	N	Dm
	61	1.6	2.5	24
Peso Kg	7.50			
Dimensión	1220 x 2440			
<b>D3 / D3G</b>				

Liviana



Designación	DM	E	N	Dm
	50	3.2	3.3	22
Peso Kg	21.58			
Dimensión	1220 x 2440			
<b>D4 / D4G</b>				

Mediana



Designación	DM	E	N	Dm
	30	3.2	3.2	13
Peso Kg	35.99			
Dimensión	1220 x 2440			
<b>D6 / D6G</b>				

Mediana