

**DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIA PRIMA PARA LA
PLANTA DE PVC DE TUVINIL DE COLOMBIA S.A.**

ALVARO LUIS JIMENEZ CARCAMO

**CORPORACION UNIVERSITARIA TECNOLOGICA DE BOLIVAR
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
CARTAGENA DE INDIAS**

2003

**DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIA PRIMA PARA LA
PLANTA DE PVC DE TUVINIL DE COLOMBIA S.A.**

ALVARO LUIS JIMENEZ CARCAMO

Trabajo de grado, presentado para optar el titulo de Ingeniero Mecánico

Director

JAIRO USECHE VIVEROS

Ingeniero Mecánico Ms. C.

CORPORACION UNIVERSITARIA TECNOLOGICA DE BOLIVAR

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA

CARTAGENA DE INDIAS

2003

Cartagena de Indias D. T. y C. Mayo 23 de 2002

Señores
CORPORACIÓN UNIVERSITARIA TECNOLÓGICA DE BOLIVAR
COMITÉ
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
Ciudad

Apreciados Señores

Con la presente me permito presentar a ustedes para su estudio, consideración y aprobación el trabajo de grado titulado **“DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIA PRIMA PARA LA PLANTA DE PVC DE TUVINIL DE COLOMBIA S.A.”**, para optar el título de Ingeniero Mecánico.

Atentamente,

ALVARO LUIS JIMÉNEZ CARCAMO
C.C. No. 73.572.329 de Cartagena

Cartagena de Indias D.T. y C. Mayo 23 de 2002

Señores
CORPORACIÓN UNIVERSITARIA TECNOLÓGICA DE BOLIVAR
COMITÉ DE EVALUACIÓN DE PROYECTOS
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
Ciudad

Apreciados Señores

Por medio de la presente me dirijo a ustedes con el fin de manifestarles que he dirigido el proyecto de grado titulado “**DISEÑO DEL SISTEMA DE MATERIA PRIMA PARA LA PLANTA DE PVC DE TUVINIL DE COLOMBIA S.A.**”, realizado por el estudiante **ALVARO LUIS JIMÉNEZ CARCAMO**, quien lo presenta como requisito para optar el título de Ingeniero Mecánico.

Atentamente,

JAIRO USECHE VIVEROS
Ingeniero Mecánico Ms. C.
Director

ARTICULO 107

La Corporación Universitaria Tecnológica de Bolívar se reserva el derecho de propiedad intelectual de todos los trabajos de grados aprobados y no pueden ser explotados comercialmente sin su autorización.

Nota de Aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Cartagena de Indias, D.T. y C. Mayo 12 de 2003

A Dios por que me regalo la vida.

A mi madre, a mi padre y mi hermana, por que me han ayudado a sostener hasta
el día de hoy a pesar de todo.

A mi familia, por que sin su apoyo y su sacrificio no habría escrito estas palabras.

ALVARO LUIS

AGRADECIMIENTOS

Al Ingeniero Mariano Vimos, Gerente Técnico, y al Ingeniero Rigoberto Jiménez, Jefe de Producción de PVC de Tuvinil de Colombia S.A. por toda la colaboración prestada en el desarrollo de este proyecto.

A Tuvinil de Colombia S.A., y todos los miembros de esta, especialmente a Jesús Garcés, operario y controlador de la planta de PVC.

Al profesor Ingeniero Jairo Useche Viveros, por su gran orientación, dirección y paciencia en la realización de este proyecto.

A mis compañeros, Hernán Díaz y Ronald Rosero, que fueron herramientas valiosísimas en la culminación de este proyecto.

A todas las personas, que de alguna forma consulte para la elaboración de este proyecto. A Jairo Escalante de Centro Aceros, a Oscar Serrano de Colsein, a Alfredo Prillwitz de Prillwitz y Cia, a José Velásquez de Airsweep Systems y a Néstor Quiroz de Andiplásticos.

RESUMEN

La industria de los productos plásticos, cada día va en alza, hoy día nos tropezamos con bolsas, empaques, accesorios, tuberías, molduras, frascos, etc.

La fabricación de esa variedad de elementos se debe a la realización de procesos de manufactura muy conocidos, tales como extrusión, inyección, soplado, en fin toda clase de procedimientos que transforman los diferentes compuestos plásticos como son los poliuretanos, polipropileno, policloruro de vinilo, ABS, polietilenos, etc.

Dichos compuestos generados en industrias petroquímicas son procesados en empresas como TUVINIL de Colombia S.A. que se dedica fundamentalmente a la elaboración de tuberías y accesorios en PVC y Polietileno, se han encargado de satisfacer al gremio nacional de la construcción, y en los últimos años al internacional.

Para mantenerse vigente y tecnológicamente al día en cuanto a la elaboración de estos elementos, se han planteado la tarea de modificar el manejo de su materia prima para la fabricación de tuberías y accesorios de PVC.

La incorporación en el manejo de sacos de mas de 500 kilogramos, y por ende la modificación en el manejo operacional de estos, hacen necesario un estudio de que sistemas y equipos son necesarios para la operación de estos.

Como se van a alimentar las extrusoras, las inyectoras, como se va a realizar el mezclado de los insumos con el manejo de la nueva presentación, que ventajas en cuanto a rentabilidad, eficiencia y operabilidad tienen para TUVINIL la utilización de estos nuevos sacos.

Este es el motivo de este proyecto que quiere manifestar los requisitos necesarios para ser implementados, para poder lograr el adecuado y optimo funcionamiento del proceso productivo.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	
1. GENERALIDADES	19
1.1 ALIMENTACION ACTUAL DEL MEZCLADOR	24
1.2 ALIMENTACIÓN ACTUAL DE INYECTORAS Y EXTRUSORAS DE PVC	27
1.3 ALIMENTACION ACTUAL DEL MOLINO Y PULVERIZADOR	29
2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	31
2.1 RESINAS DE PVC	31
2.2 CARBONATO DE CALCIO	34
2.3 RECUPERADO DE PVC	35
2.4 ESPECIFICACIONES DE BIG BAGS	35
3. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE MATERIA PRIMA AL MEZCLADOR DE COMPUESTO DE PVC	37
3.1 SELECCIÓN DE TOLVAS	38
3.2 PRESIONES EN MASAS DE PARTÍCULAS	39
3.3 ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA Y ANGULO DE REPOSO	41
3.4 ALMACENAMIENTO EN DEPÓSITOS	42
3.5 PRESIONES EN DEPÓSITOS, TOLVAS Y SILOS	43
3.6 DESCARGA DE DEPÓSITOS	46
3.7 DISEÑO DE TOLVAS	48
3.7.1 Diseño de Tolvas de Alimentación de Proceso	48

3.7.2 Diseño de Tolva de Almacenaje de Compuesto de PVC	54
3.7.3 Tolvas de Descargue de Big Bags	57
4. PARÁMETROS DE DISEÑO DEL TRANSPORTADOR NEUMÁTICO	59
4.1 DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE PARTÍCULAS EN FASE DILUIDA	64
4.2 CAÍDA DE PRESIÓN EN TUBERÍA HORIZONTAL	64
4.3 CAÍDA DE PRESIÓN EN TUBERÍA VERTICAL	65
4.4 CAÍDA DE PRESIÓN EN CURVAS	66
5. DISEÑO DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN PARA LOS EQUIPOS DE LA PLANTA DE PVC	67
5.1 SISTEMA A PRESION POSITIVA	67
5.1.1 Caída de Presión Horizontal	68
5.1.2 Caída de Presión Vertical	71
5.1.3 Caída de Presión en Curvas	72
5.1.4 Caída de Presión en el Filtro de Polvo	72
5.1.5 Caída de Presión Total	72
5.2 SISTEMA A PRESION NEGATIVA	73
5.2.1 Caída de Presión Horizontal	74
5.2.2 Caída de Presión Vertical	75
5.2.3 Caída de Presión en Curvas	76
5.2.4 Caída de Presión en el Filtro de Polvo	77
5.2.5 Caída de Presión Total	77
5.3 SELECCIÓN DE VALVULAS ROTATIVAS	78

5.4 SELECCIÓN DE FILTROS DE POLVO	79
5.5 VÁLVULAS DE CONTROL DE VACIADO DE TOLVAS	81
5.6 SISTEMAS DE FLUIDIFICACION	82
5.7 SISTEMA DE PESAJE	87
6. SISTEMA DE TRANSPORTE POR MEDIO DE TRANSPORTADOR HELICOIDAL FLEXIBLE	89
6.1 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE COMPUESTO DE PVC A EXTRUSORAS E INYECTORAS DE PVC	93
6.1.1 Características Técnicas	101
6.2 LLENADO Y PESAJE DE BIG BAGS DE COMPUESTO DE PVC	103
7. MANEJO DE MATERIAL RECUPERADO DE PVC	109
8. OPERACIÓN Y MANEJO DE BIG BAGS EN LA PLANTA DE COMPUESTO DE PVC	114
8.1 SISTEMA PUENTE GRÚA	114
8.2 PLATAFORMA PEATONAL PARA OPERACIÓN DE CARGUE Y DESCARGUE DE SACOS	117
9. EVALUACIÓN ECONOMICA	121
9.1 INVERSION	121
9.2 COMPARACIÓN ENTRE LAS DOS ALTERNATIVAS DE DISEÑO	122
9.2.1 Costos Iniciales	123
10. CONCLUSIONES	126
BIBLIOGRAFIA	128
ANEXOS	129

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. PVC 35	32
Cuadro 2. PVC 40	32
Cuadro 3. PVC 440	33
Cuadro 4. PVC 450	33
Cuadro 5. Carbonato de Calcio	35
Cuadro 6. Tipos de Big Bags	36
Cuadro 7. Presiones del depósito	51
Cuadro 8. Velocidad de transporte para diferentes densidades de materiales.	68
Cuadro 9. Fluidificadores para Tolvas	85
Cuadro 10. Disposiciones de Transportadores	95
Cuadro 11. Tipos de Alimentadores Helicoidales. Catalogo de DMI	102
Cuadro 12. Presupuesto	121

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Esquema de Alimentación actual del mezclador	25
Figura 2. Big Bag	36
Figura 3. Tolva de Alimentación al mezclador	49
Figura 4. Tolva de almacenaje de compuesto de PVC	54
Figura 5. Descargadores de Big Bags	58
Figura 6. Transporte de partículas en Fase Diluida	59
Figura 7. Transporte de sólidos en Fase Densa	60
Figura 8. Sistema de transporte neumático a presión positiva	61
Figura 9. Sistema de transporte neumático bajo presión negativa	62
Figura 10. Operación de la válvula rotativa	63
Figura 11. Válvulas Rotativas	79
Figura 12. Filtro HDFT	81
Figura 13. Válvula de dos vías	82
Figura 14. Boquilla de Fluidificación	83
Figura 15. Sistemas de Fluidificación	84
Figura 16. Montaje para Tolvas de Alimentación de proceso	86
Figura 17. Stabiflex	87
Figura 18. Montaje de celdas para las tolvas	88
Figura 19. Transportador Helicoidal Flexible	93

Figura 20. Disposición de Transportador	94
Figura 21. Llenado de tolvas móviles	98
Figura 22. Planta de Extrusión	99
Figura 23. Planta de Inyección	100
Figura 24. Transportador de rodillos	105
Figura 25. Estiba	105
Figura 26. Plataforma para Big Bags de Compuesto	107
Figura 27. Planta de Compuesto	108
Figura 28. Pesaje de saco de Scrap de PVC	112
Figura 29. Sistema de recuperación de PVC	113
Figura 30. Polipasto Tipo SKC 80.22	116
Figura 31. Puente Grúa de una viga portadora	117
Figura 32. Sistema para descargar Big Bags	119
Figura 33. Vista Superior alimentación mezclador	120

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. Planos del Sistema de Alimentación al Mezclador	130
ANEXO B. Sistema de Puente Grúa y Polipasto	135
ANEXO C. Blowers	138
ANEXO D. Descargador de Big Bag DBB	144
ANEXO E. Celda de Carga F60X	146
ANEXO F. Filtro de Polvo HDFT	149
ANEXO G. Válvula Rotativa HSD	152

INTRODUCCIÓN

TUVINIL de Colombia S.A. ha entrado en una etapa de actualización tecnológica, que ha sido necesaria para poder mantenerse vigente en el proceso de elaboración de tuberías y accesorios plásticos de PVC.

Una presentación de materia prima de mayor capacidad, a un menor costo y menor desperdicio de material ha visto la obligación de realizar un estudio conveniente para saber que requisitos son necesarios para el manejo operativo de estos elementos.

Los big bags o súper sacos de más de 500 kilogramos, necesitan de un tratamiento especial a la hora de alimentar los diversos equipos que conforman la elaboración de tuberías.

El operador, ya no podrá levantar un saco de 500 a 825 kilogramos de peso, y alimentarlo a una extrusora o un mezclador.

Se hace necesario utilizar elementos mecánicos para el manejo de estos sacos, tales como puente grúas y polipastos, transportadores helicoidales y neumáticos para la alimentación de los equipos, controles lógicos para regular las tareas de estos equipos, celdas de carga para regular el peso exacto de la formula, sistemas

fluidificadores para evitar que los insumos se peguen a las paredes de los depósitos, la distribución de los futuros equipos en la planta y cuanto es su costo y la factibilidad para realizarlos.

Este es el desarrollo de este proyecto, realizar la investigación técnica necesaria para la adecuación actual de la empresa al manejo de estos nuevos elementos.

1. GENERALIDADES

En la empresa TUVINIL de Colombia S.A. se lleva a cabo un proceso de elaboración de tuberías de PVC y Polietileno, además de bolsas de Polietileno y accesorios para tubería, en PVC.

En TUVINIL se desarrollan una serie de procesos de manufactura muy característicos, tales como el proceso de Extrusión, del cual se obtienen las tuberías de PVC y Polietileno; también se realiza un proceso de Inyección, con el cual se obtienen los accesorios, tales como codos, tees, y otros; y por último hay un proceso de Extrusión-Soplado, con el que se producen las bolsas plásticas.

Además de estos procesos, se llevan a cabo otra serie de tareas productivas, tales como el mezclado de insumos, para obtener unas mezclas especiales para la fabricación de las tuberías, y también un proceso de molido y pulverizado de tubería que no cumple con los requerimientos de calidad.

El proceso que le compete a este proyecto es el de la fabricación de tubería y accesorios de PVC, la conformación para hacer la mezcla decompuesto de PVC y la recuperación de material por medio de las labores de molido y pulverizado de tubería.

La elaboración de tubería y accesorios de PVC se realiza de la siguiente manera. Inicialmente se reciben una serie de materias primas las cuales son almacenadas adecuadamente en una bodega habilitada para ello, estos insumos son principalmente Resinas de PVC tipo emulsión, Carbonato de Calcio, aglutinantes, ceras poliolefinicas y otros aditivos, que dosificados adecuadamente conforman una mezcla de características muy especiales, y que van a servir en la conformación de los distintos tipos de tubería.

El mezclado de esos elementos se lleva a cabo en un mezclador especialmente diseñado para ello, el cual esta compuesto por dos mezcladores o cubas, la primera, la cuba caliente en donde son arrojados los distintos insumos en dosis predeterminadas y de acuerdo a la formula a fabricar, y una cuba fría donde se enfría la mezcla con el fin de evitar la descomposición del PVC por el calor almacenado y también evitar la encoladura de ciertos productos. Este mezclador esta en la capacidad de preparar materias plásticas, como, PVC soplado, PVC duro en polvo, aglomerados de polímeros S y E; también puede ventilar y secar el polvo de materias plásticas, incluso la preparación de mezclas de emulsión de PVC.

Hoy día la alimentación de estos insumos se hace en forma manual, es decir el operario toma los distintos elementos y los agrega a el mezclador en unas cantidades que oscilan de 200 gramos a 30 kilogramos, de acuerdo a la formula,

los elementos mas importantes son la resina de PVC, la cual viene en sacos de 25 Kg. la cual el operario la descarga en una tolva de piso y por medio de un sistema de succión la transporta hasta una tolva superior, y luego por medio de una serie de reles la tolva se descarga y alimenta el mezclador, seguidamente el operario se dispone a agregar los otros elementos, el segundo en importancia el Carbonato de Calcio, este ya esta previamente pesado y es arrojado al mezclador a una temperatura de 85-86 °C, continua entonces agregando los otros aditivos menores, todos ellos en la cuba caliente.

Cuando el proceso de mezclado en la cuba caliente termina, es luego llevado a la cuba fría, allí se enfría la mezcla y se agrega el material recuperado o Scrap, y el cual ayuda a homogenizar la mezcla y darle mayor volumen, este recuperado, fue previamente obtenido del proceso de moler y pulverizar el tubo que no cumplió con los requerimientos de calidad tales como el espesor, el diámetro, etc pero que si posee las propiedades físicas y químicas que debe poseer el tubo, tales como resistencia, dureza, etc.

El proceso de alimentación del mezclador entonces tarda alrededor de 12 a 15 minutos, según las cantidades que se estén mezclando.

Los compuestos que se fabrican en la empresa entonces son los siguientes:

Compuesto Tipo Inyección Presión y Sanitaria, Compuesto Tipo Extrusión Presión, Sanitaria, Ventilación, Conduit, Duchó Telefónico, Alcantarillado y Taras Ajovert. Eso da un total de 10 tipos de compuestos.

Este compuesto terminado es descargado en una tolva de paso a la salida del mezclador de cuba fría, el cual es empacado en sacos en cantidades de 20 Kg. Inmediatamente es almacenado según la clase y el lote de fabricación. Entonces es este compuesto el cual es llevado a las distintas máquinas, las extrusoras, para sacar la tubería; y las inyectoras para obtener los accesorios.

Aquí entramos entonces a un proceso de elaboración de tuberías por medio de extrusión de compuesto en polvo, y de accesorios por medio de inyección. Existen en TUVINIL cuatro extrusoras, y tres inyectoras.

El proceso es muy sencillo, el operario por medio de unos carros pallets o con ayuda del montacargas lleva la estiba cargada de los sacos de compuesto específico hasta la periferia de cada máquina, estas estibas pueden estar cargadas de 30 a 40 sacos de 20 Kg.

Realizado esto el operario comienza a alimentar la máquina descargando los sacos de compuestos en unas tolvas de piso (en dos extrusoras) o en unas tolvas que están montadas sobre cada máquina.

De acuerdo al tipo de tubería y a el consumo de cada maquina, pues la labor del operario de traer y descargar el compuesto será mas agitada, además ese solo operario por maquina debe controlar el resto del proceso de elaboración de tubería tal como chequeo de espesores, temperaturas, velocidad del trailer, etc.

Este es el proceso hoy día, lo que se desea ahora es implementar un cambio en la presentación de la materia prima, al cambiar la presentación de sacos de 20 a 25 Kg. a supersacos de 500 a 860 Kg. Esto implica un cambio en el transporte y la dosificación de la materia prima, pues es muy complicado que el operario, por no decir imposible manejar esas cantidades de material.

Se desea entonces cambiar la presentación de la resina de PVC y del Carbonato de Calcio a supersacos provenientes en esa forma desde PETCO S.A. y OMYA S.A., respectivamente, y también internamente cambiar los sacos de 20 Kg. a supersacos de 625 Kg., tanto para compuesto, como de material recuperado.

Esto por que se desea hacer en la empresa, por varias razones, fundamentalmente para disminuir costos, es más económico la presentación en mayor cantidad, también hay menores perdidas de material al alimentar los distintos equipos, y por ultimo el operario no va a realizar una operación tan fatigante físicamente y podrá hacer mejor una labor de control del proceso.

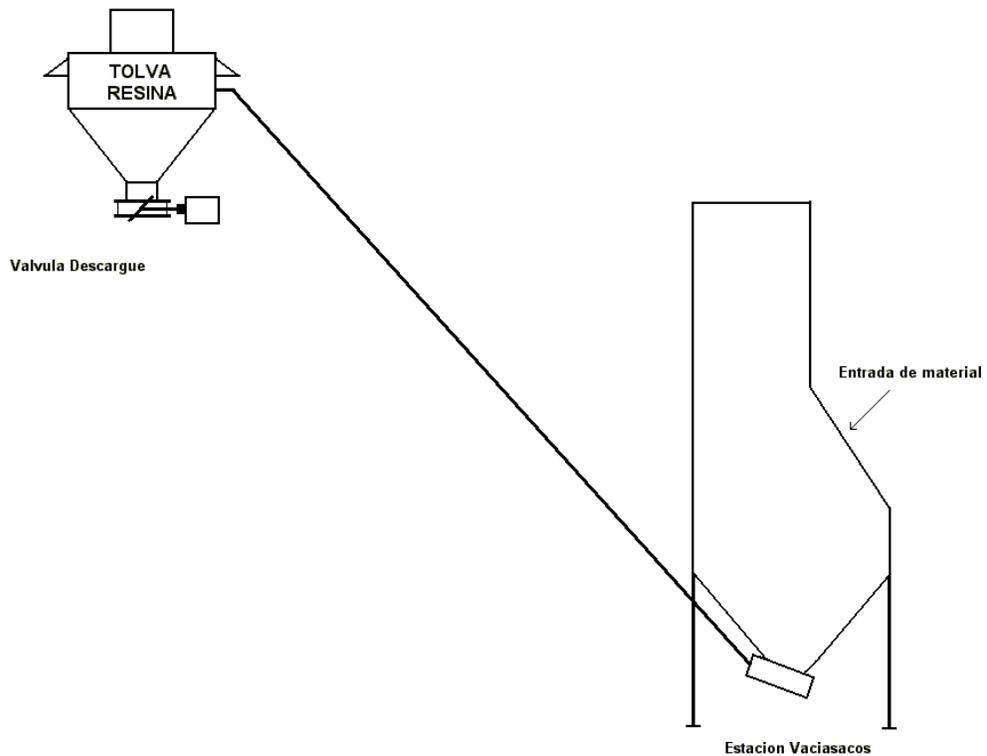
El proyecto entonces consiste en hacer las modificaciones necesarias para poder permitir el manejo de estos supersacos y como se van a alimentar y dosificar las distintas maquinas.

Estas modificaciones van desde la alimentación del mezclador, pasando por la tarea de llenado y pesado de material recuperado en supersacos de 625 Kg., la labor de llenado y pesaje de Compuesto de PVC en supersacos de 625 Kg. y la labor de alimentación de extrusoras e inyectoras.

1.1 ALIMENTACION ACTUAL DEL MEZCLADOR

Actualmente en TUVINIL S.A. el mezclador solo posee una tolva para alimentar el mezclador, y es utilizado exclusivamente para la resina de PVC, funciona de la siguiente manera. Ver Figura 1.

Figura 1. Esquema de Alimentación actual del mezclador



El operario toma los sacos de resina de 25 kilos, los cuales pueden ser de 3 a 5 sacos (es decir, de 75 a 125 kilos dependiendo de la formula), y los coloca en la periferia de una estación vaciasacos, manualmente los descarga uno a uno, cuando ha terminado, pulsa un botón que le da el arranque a un blower que se encuentra ubicado en la parte superior del mezclador, este elemento succiona la resina de la vaciasacos y la transporta a través de una tubería hasta la tolva que esta ubicada en la parte superior de la cuba caliente, allí permanece, hasta que ese mismo operario, da la orden en un tablero eléctrico para dar el arranque al ciclo de mezclado, el cual esta operado por medio de contactores y relees y da la

orden a una válvula para que abra y deje descargar la resina de la tolva superior al mezclador. Realizado esto el operario, entonces se dispone a agregar los otros aditivos, tales como, el Carbonato, que previamente se ha pesado según la fórmula, y el cual es directamente arrojado al mezclador cuando este se encuentra a 85-86 °C, de igual forma se agregan el resto de aditivos menores, como aglutinantes, colorantes y otros que varían en peso (de 100 a 1500 gramos).

Realizado esto se mezclan todos en la cuba caliente, cuyo proceso varía en tiempo, dependiendo fundamentalmente de la cantidad de material que se este mezclando. Cuando la mezcla alcanza la temperatura de 108 °C, se encuentra lista y pasa de la cuba caliente a la cuba fría, a través de una compuerta operada neumáticamente; en la cuba fría se homogeniza la mezcla y se disminuye su temperatura, cuando esta alcanza aproximadamente 55 °C, entonces es cuando el operario agrega el Scrap directamente en la cuba fría, cuya dosificación gira alrededor de 20 a 60 Kg. Con ello se aumenta la concentración en masa de la mezcla y ayuda a la homogenización de esta. Este Scrap no siempre es agregado, pues hay ocasiones en que no hay recuperado de esa fórmula, sin provocar ninguna incongruencia en la mezcla.

Cuando la mezcla alcanza los 40 °C, el proceso termina, e inmediatamente se abre una compuerta que descarga el compuesto mezclado en una tolva de paso, allí se almacena momentáneamente, mientras que otro operario procede a llenar

en sacos de 20 Kg. Ese compuesto es debidamente almacenado sobre estibas y ubicado en una zona especialmente para ello, donde los operarios de las extrusoras e inyectoras lo utilizarán para fabricar la tubería y los accesorios de PVC.

Como se desea cambiar el manejo de sacos de 25 kilos a supersacos de más de 500 Kg. se hace necesario una serie de modificaciones para poder seguir realizando el proceso de mezclado de aditivos.

1.2 ALIMENTACIÓN ACTUAL DE INYECTORAS Y EXTRUSORAS DE PVC

En TUVINIL de Colombia S.A. hoy día existen dos áreas de producción de elementos fabricados a base de resina de PVC, la zona de inyección compuesta por tres máquinas inyectoras, encargadas de la elaboración de accesorios para tuberías de PVC, tales como codos de diversos ángulos, uniones, acoples y otros.

Entre tanto, la zona de extrusión conformada por cuatro máquinas extrusoras de doble tornillo, encargadas de la elaboración de tubería de PVC de diámetros que oscilan entre $\frac{1}{2}$ in y 12 in, con variedad de relaciones diámetro-espesor y longitudes de 6 metros.

La alimentación de estas siete maquinas se hace de la siguiente forma:

En la planta de PVC hay una zona habilitada para almacenar todo el compuesto fabricado por el mezclador, este compuesto se encuentra empacado en bolsas de papel con capacidades de 20 Kg. estas bolsas se organizan de tal forma en una serie de estibas con capacidades de 25 a 35 bolsas por estiba, estas estibas son etiquetadas de acuerdo a la clase de compuesto que poseen sus bolsas, la orden de producción y la fecha.

Los operarios de la planta de extrusión e inyección deben recoger las estibas cargadas con los diversos compuestos, así hay estibas cargadas con compuesto tipo inyección presión, compuesto tipo extrusión alcantarillado, compuesto tipo extrusión conduit, etc. Dependiendo de la orden de producción que se haya dado el operario entonces recogerá la estiba cargada de su compuesto determinado, ayudándose para su movilización un carro porta estibas, es así como el operario traslada de la zona de almacenaje a su respectiva maquina.

Cuando el empleado ha llegado a la periferia de su maquina se dispone a alimentar la extrusora o inyectora de PVC, esta labor se hace de la siguiente manera:

- Toma las bolsas cargadas con compuesto y las descarga manualmente en una tolva superior ubicada arriba de su respectiva maquina.
- Esta labor la hace de dos a cuatro veces mientras llena la tolva, he inmediatamente procede a controlar el proceso de fabricación.
- Hay que anotar algo, y es que hay dos maquinas extrusoras que tienen un procedimiento de alimentación similar, mas no igual. Las extrusoras Maplan y Krauss poseen una variación la cual consiste en que el operario no descarga en la tolva de la maquina, sino en una tolva de piso, esta tolva se encuentra comunicada por medio de un tornillo transportador que es el que permite el traslado de material de tolva a tolva.

1.3 ALIMENTACION ACTUAL DEL MOLINO Y PULVERIZADOR

Cuando la tubería o los accesorios de PVC no cumplen con los requerimientos de calidad son llevados a una zona para su reutilización. Esta área se encuentra conformada por un molino y un pulverizador.

La alimentación de estos equipos se realiza de la siguiente manera:

- El tubo es cortado en trozos apropiados de acuerdo a su diámetro y peso.
- Al tener los tubos cortados se introducen en una abertura especialmente acondicionada para que se proceda a molerse los fragmentos de tubería,

inmediatamente se muele el material y a medida que sale es depositado en una tolva-ciclón donde se aloja momentáneamente.

- Cuando alcanza una cierta capacidad el molino es apagado y el mismo operario se encarga de vaciar su contenido en sacos de papel en capacidades de 20 kilogramos.
- Cuando se ha realizado esta operación, se etiqueta y rotula de acuerdo a su contenido y lote de producción y es dejado en un área apropiada para su almacenamiento.
- Cuando se va a pulverizar el PVC, se retiran una a una las bolsas de material molido y son descargadas en una tolva de paso ubicada a la entrada del pulverizador. Queda claro que en ningún momento se mezclan compuestos de PVC, es decir molido de presión con molido de ventilación y se pulverizan, no la operación se realiza por tipos de compuestos.
- Por ultimo la tolva comienza a descargar gradualmente en el pulverizador, y las partículas que se van pulverizando son alojadas en otra tolva-ciclón y que a su vez se encuentra comunicada con una tolva de piso.
- Terminada la labor de pulverizado el único operario encargado de esta labor, se encarga de pesar y empacar en sacos de 20 líos, el compuesto pulverizado, etiquetando cada bolsa y almacenándolas en su área respectiva.
- El material pulverizado es reutilizado, en que forma, dándole una homogenización al compuesto que se elabora en el mezclador de PVC.

2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

2.1 RESINAS DE PVC

En TUVINIL S.A. utilizan cuatro tipos de resinas de PVC, cuyo proveedor es PETCO S.A.

Las resinas que se utilizan para la elaboración de los compuestos tipos Inyección, es decir para fabricación de accesorios, son las Resinas Tipo 35 y la 40. Estas al elaborarse el compuesto se agregan en porciones iguales.

La resina que se utiliza para la elaboración de compuesto tipo Extrusión, es decir para elaborar tuberías, es la resina Tipo 440.

Y existe otra resina que se utiliza para hacer limpieza al mezclador, cuando se cambia de producir compuesto de inyección a extrusión, o viceversa, la resina Tipo 450.

Las características de estas se dan a continuación fueron suministradas por PETCO S.A. La resina es semifluida (ángulo de respuesta de 45 a 60 grados), abrasividad y corrosión moderada, bajo contenido de humedad, no grasoso, no se airea o se convierte en líquido, no se solidifica.

Cuadro 1. PVC 35

Propiedades Físicas		Normas
Apariencia	Polvo Blanco	
Densidad Aparente	530 g/l (± 30)	ASTM D1895 ISO 60 NTC-955
Valor K	57 (± 1)	DIN 53726 NTC-952
Tamaño de Partícula % que pasa tamiz 40 (0.420 mm) % que pasa tamiz 200 (0.074 mm)	100.0 min 6.0 max	ISO 4610 NTC 994
Contenido de Volátiles	0.5% máx.	ISO 1269 NTC-1617
Contenido de Monómero Residual	= 1.0 PPM	ISO 6401 ASTM-3749-79

Cuadro 2. PVC 40

Propiedades Físicas		Normas
Apariencia	Polvo Blanco	
Densidad Aparente	530 g/l (± 30)	ASTM D1895 ISO 60 NTC-955
Valor K	61 (± 1)	DIN 53726 NTC-952
Tamaño de Partícula % que pasa tamiz 40 (0.420 mm) % que pasa tamiz 200 (0.074 mm)	100.0 min 6.0 max	ISO 4610 NTC 994
Contenido de Volátiles	0.5% máx.	ISO 1269 NTC-1617
Contenido de Monómero Residual	< 1.0 PPM	ISO 6401 ASTM-3749-79

Cuadro 3. PVC 440

Propiedades Físicas		Normas
Apariencia	Polvo Blanco	
Densidad Aparente	540g/ l (± 30)	ASTM D1895 ISO 60 NTC-955
Valor K	66 (± 1)	DIN 53726 NTC-952
Tamaño de Partícula % que pasa tamiz 40 (0.420 mm) % que pasa tamiz 200 (0.074 mm)	99.0 min 4.0 max.	ISO 4610 NTC 994
Contenido de Volátiles	0.5% máx.	ISO 1269 NTC-1617
Contenido de Monómero Residual	< 1.0 PPM	ISO 6401 ASTM-3749-79

Cuadro 4. PVC 450

Propiedades Físicas		Normas
Apariencia	Polvo Blanco	
Densidad Aparente	500 g/l (± 30)	ASTM D1895 ISO 60 NTC-955
Valor K	67 (± 1)	DIN 53726 NTC-952
Tamaño de Partícula % que pasa tamiz 40 (0.420 mm) % que pasa tamiz 200 (0.074 mm)	100.0 min 6.0 max	ISO 4610 NTC 994
Contenido de Volátiles	0.5% máx.	ISO 1269 NTC-1617
Contenido de Monómero Residual	< 1.0 PPM	ISO 6401 ASTM-3749-79

2.2 CARBONATO DE CALCIO

Posee un porcentaje de humedad menor al 0.2%, la abrasión y la corrosión es considerable, y tiene una característica muy desagradable que es la de pegarse a las paredes de los recipientes o depósitos, por lo que facilita la formación de agujeros de rata y arqueamientos.

El componente principal es la calcita, alrededor del 97-99% y el resto es cuarzo (en trazas).

El ángulo de respuesta es de 60° con respecto a la horizontal.

Cuadro 5. Carbonato de Calcio

Propiedades Físicas	
Apariencia	Polvo Blanco
Densidad Floja	350-380 g/l
Densidad Compacta	830 g/l
Diámetro medio de Partícula	1.0 – 1.2 micras
Residuos en malla; 325	0.02% máx.
Área superficial	8.0-10.0 m ² /g

2.3 RECUPERADO DE PVC

Sus propiedades son muy parecidas a las de la resina de PVC, básicamente por que su principal componente es la resina de PVC, la cual ira alrededor del 80 a 85% en la formula. Sus densidades, claro esta varían, y giran alrededor de los 410 a 760 g/l, dependiendo del tipo de tubería que fue pulverizada. Su ángulo de respuesta al flujo gira alrededor de los 45 a 60 grados con referencia a la horizontal. El tamaño de partícula es de alrededor de 0.5 mm.

2.4 ESPECIFICACIONES DE BIG BAGS

Los supersacos se encuentran fabricados tela de polipropileno de alta densidad. Para Las mangas de llenado y descarga están fabricados en tela de polipropileno de densidad 72 g/cc, laminada, tienen un diámetro de 35 cm y una longitud de 50 cm. Para la base, es hecha de polipropileno de 240 g/cc de densidad, y las correas de sujeción, las cuales son cuatro en total, tienen un ancho de 32 mm y una longitud de 50 cm.

Las dimensiones de los sacos que se van a manejar en la planta son las siguientes. Cuadro 6.

Cuadro 6. Tipos de Big Bags

CAPACIDAD	ALTO	ANCHO	PROFUNDIDAD
625 Kg.	120 cm	87 cm	87 cm
860 Kg.	147 cm	93 cm	93 cm
1000 Kg.	185 cm	93 cm	93 cm

Figura 2. Big Bag



Los datos fueron obtenidos gracias a la información suministrada por los proveedores de supersacos, IQA TEXTIL de Colombia y KING PACK de Venezuela.

3. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE MATERIA PRIMA AL MEZCLADOR DE COMPUESTO DE PVC

Como se ha mencionado anteriormente, en TUVINIL S.A. se desea implementar un cambio en la presentación de los aditivos mayores, los cuales como ya se saben son Resinas de PVC, Carbonato de Calcio y Scrap de PVC.

Este cambio, no es más de que se van a manejar Supersacos o Big Bags de estos tres elementos, cuyas capacidades giran alrededor de 500 a 860 Kg.

Esto amerita que el proceso manual que se estaba llevando a cabo sea modificado sustancialmente, básicamente se tiene que adecuar el proceso a estas nuevas presentaciones, que incluyen la operación de los sacos por medio de polipastos y puente grúas, el montarlos en una serie de estructuras que le servirán de ayuda a descargarlos en tolvas de piso, a su vez el material se trasladara de allí a unas tolvas ubicadas en la parte superior del mezclador, donde tendrán unos dispositivos que le ayudaran a censar el peso adecuado de material según la formula respectiva, y luego descargarse en el mezclador.

Toda esta operación mecánica será a su vez regulada por un programa de control lógico que le ayudara a chequear correctamente la operación de mezclado de

compuesto, dependiendo de la formula que se trabaje se transportara neumaticamente, se pesaran las cantidades exactas y se descargara en el mezclador.

3.1 SELECCIÓN DE TOLVAS

Las masas de partículas sólidas, especialmente cuando las partículas están secas y no se pegan, poseen muchas de las propiedades de un fluido. Ejercen presión sobre las paredes de un contenedor, fluyen a través de un orificio o descienden por una tolva. Sin embargo, se diferencian de los líquidos y gases en varios aspectos, ya que las partículas se entrecruzan y adhieren por efecto de la presión y no pueden deslizar unas sobre otras hasta que la fuerza aplicada no alcanza un cierto valor. Contrariamente a lo que ocurre en la mayor parte de los fluidos, los sólidos granulares y las masas sólidas resisten permanentemente la distorsión cuando se someten a una fuerza distorsionante moderada. Cuando la fuerza es lo suficientemente grande se produce la rotura y una capa de partículas desliza sobre otra, pero entre las capas situadas a ambos lados de la fisura hay una considerable fricción.

Las masas de sólidos tienen las siguientes propiedades distintivas:

La presión no es la misma en todas las direcciones. En general, una presión aplicada en una dirección genera alguna presión en otras direcciones, pero

siempre es más pequeña que la presión aplicada. Un esfuerzo cortante aplicado en la superficie de una masa se transmite a través de toda una masa estática de partículas mientras no se produzca rotura. La densidad de la masa puede variar, dependiendo del grado de empaquetamiento de los granos. La densidad de un fluido es función de la presión y la temperatura, como lo es cada una de las partículas individuales de un sólido, pero en cambio, no ocurre lo mismo con la densidad global o aparente. La densidad global es mínima cuando la masa está “suelta” y alcanza un máximo cuando la masa se somete a vibración o apisonamiento.

Dependiendo de sus propiedades de flujo, los sólidos en forma de partículas se dividen en dos clases: cohesivos y no cohesivos. Los materiales no cohesivos como grano, arena o briznas de plásticos, fluyen fácilmente desde depósitos o silos. Los sólidos cohesivos, tales como arcilla húmeda, se caracterizan por su dificultad para fluir a través de orificios.

3.2 PRESIONES EN MASAS DE PARTÍCULAS

La presión mínima ejercida en una masa de sólidos está en la dirección normal a la presión aplicada. En una masa homogénea la relación entre la presión normal y la presión aplicada es una constante K' , que es característica del material. K' depende de la forma, de la tendencia a entrelazarse las partículas, de la

adherencia de partículas granulares y del grado de empaquetamiento del material. Es prácticamente independiente del tamaño mientras los granos no se hagan muy pequeños y el material ya no fluya libremente.

Si la presión aplicada es P_V y la presión normal es P_L , la presión P para cualquier ángulo intermedio se puede obtener así.

Si se representa una sección diferencial de un triángulo rectángulo de espesor b e hipotenusa dL . La presión P_V actúa sobre la base, P_L sobre el lado y P sobre la hipotenusa. El ángulo entre la base y la hipotenusa es θ . Para alcanzar el equilibrio, las presiones desiguales P_V y P_L no se pueden compensar por una sola presión P , sino que debe existir un esfuerzo cortante τ . Las fuerzas que resulten de estos esfuerzos cortantes:

$$P = (P_V - P_L) \cos^2 \theta + P_L \quad 1$$

$$\tau = (P_V - P_L) \cos \theta \sin \theta \quad 2$$

Cuando $\theta = 0$, $P = P_V$; cuando $\theta = 90$, $P = P_L$. En ambos casos $\tau = 0$. Cuando θ tiene un valor intermedio, hay un esfuerzo cortante perpendicular a P .

-
1. McCabes, Smith. Operaciones Unitarias en Ingeniería Química. P. 880.
 2. Ibid., p. 880.

La relación entre τ y P para cualquier valor de θ es la tangente de un ángulo α formado por el eje P y la línea OX que pasa por el origen de coordenadas y el punto (P, τ) . Para estas condiciones α alcanza un valor máximo α_m . De la figura se aprecia:

$$\text{sen}\alpha_m = \frac{(P_v - P_l)/2}{(P_v + P_l)/2} = \frac{P_v - P_l}{P_v + P_l} \quad 3$$

La relación entre la presión normal y la presión aplicada P_l/P_v es igual a K' . Por tanto:

$$\text{sen}\alpha_m = \frac{1 - K'}{1 + K'} \quad 4$$

$$K' = \frac{1 - \text{sen}\alpha_m}{1 + \text{sen}\alpha_m} \quad 5$$

3.3 ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA Y ANGULO DE REPOSO

El ángulo de α_m es el ángulo de fricción interna del material. La tangente de este ángulo es el coeficiente de fricción entre las dos capas de partículas. Cuando se apilan sólidos granulares sobre una superficie plana, los lados de la pila forman un ángulo definido reproducible con la horizontal. Este ángulo α_r es el ángulo de reposo del material.

3. McCabes, Smith. Operaciones Unitarias en Ingeniería Química. Pág. 880.

4. Ibid., p. 881.

5. Ibid., p. 881.

En la práctica el ángulo de reposo es menor que el ángulo de fricción interna. El ángulo de reposo es menor cuando los granos son lisos y redondeados, y es grande cuando se trata de partículas muy finas, angulares o adherentes. Para sólidos cohesivos K' tiende a cero. Para materiales granulares que fluyen libremente K' con frecuencia está comprendido entre 0.35 y 0.6, lo que indica que α_m varía entre 15 y 30°.

3.4 ALMACENAMIENTO EN DEPÓSITOS

Los sólidos que son demasiado valiosos o demasiado solubles para estar expuestos a la intemperie se almacenan en depósitos, tolvas o silos, que son recipientes cilíndricos o rectangulares de hormigón o de metal. Los silos pueden ser altos y de diámetro relativamente pequeño, mientras que los depósitos son bastante anchos y no tan altos. Una tolva es un depósito pequeño con un fondo oblicuo que se utiliza para el almacenamiento temporal antes de introducir los sólidos como alimentación del proceso. Todos estos contenedores se cargan por la parte superior utilizando algún tipo de elevador, mientras que la descarga se realiza generalmente en el fondo. El principal problema de diseño de un depósito es conseguir una descarga satisfactoria.

3.5 PRESIONES EN DEPÓSITOS, TOLVAS Y SILOS

Cuando sólidos granulares se almacenan en un depósito o una tolva, la presión lateral ejercida sobre las paredes en cualquier punto es menor que la calculada a partir de la carga de material situada por encima de dicho punto. Además hay generalmente fricción entre la pared y los granos de sólido y, debido al entrecruzamiento de las partículas, el efecto de esta fricción se propaga a través de la masa. La fuerza de la fricción en la pared tiende a contrarrestar el peso del sólido y reduce la presión ejercida por la masa en el fondo del contenedor. En el caso extremo, este efecto provoca que la masa forme un arco o puente, de tal forma que aunque se retire el material situado debajo de la masa de sólido, este no cae.

Una expresión para el cálculo de la presión ejercida sobre el fondo circular de un depósito con paredes verticales puede obtenerse así:

$$P_o = \frac{D\rho_b(g/g_c)}{4\mu'K'}(1 - e^{-2\mu'K'Z_T/r}) \quad 6$$

Esta es la Ecuación de Janssen, que ha sido contrastada experimentalmente.

6. McCabes, Smith. Operaciones Unitarias en Ingeniería Química. P. 884.

Cuando existe una gran cantidad de sólido y la altura alcanza un valor aproximadamente tres veces superior al diámetro del depósito, el material adicional virtualmente no tiene efecto sobre la presión en la base.

La masa adicional es soportada por la pared y por el lecho, y no por el fondo del depósito.

Cuando la sección no es circular, r se sustituye por dos veces el radio hidráulico. El coeficiente de fricción se obtiene experimentalmente determinando el ángulo para el cual los sólidos comienzan justamente a deslizar sobre un plano inclinado. El coeficiente μ' es la tangente de ese ángulo. Para materiales granulares sobre superficies metálicas o de hormigón, μ' varía entre 0.35 y 0.55.

Para obtener un resultado más exacto, se puede reemplazar $\mu'K'$ por BD^* , donde $D^* = 1$, y B se obtiene de la siguiente ecuación:

$$B = \frac{\text{sen}\delta \text{sen}\alpha_o}{1 - \text{sen}\delta \text{sen}\alpha_o} \quad 7$$

Donde

$$\alpha_o = \beta_w + \text{arcsen}\left(\frac{\text{sen}\beta_w}{\text{sen}\delta}\right); \text{arcsen} > \pi/2 \quad 8$$

7. CHASE, George. Solid Notes. University of Akron. P.255.

8. Ibid., p.225.

$$\beta_w = \arctan(\mu') \quad 9$$

La presión en el vértice de la tolva es entonces obtenida según la ecuación.

$$P = \left(\frac{h}{h_o}\right)P_o + \frac{\rho_b g h}{\gamma - 1} \left[1 - \left(\frac{h}{h_o}\right)^{\gamma-1} \right] \quad 10$$

Donde;

$$\gamma = \frac{2B'D^*}{\tan \alpha} \quad \text{Para tolvas cónicas} \quad 11$$

$$\gamma = \frac{B'D^*}{\tan \alpha} \quad \text{Para tolvas piramidales} \quad 12$$

2α : Angulo de la tolva

$$\beta' = \frac{\text{sen} \delta \text{sen}(2\alpha + \alpha_o)}{1 - \text{sen} \delta \cos(2\alpha + \alpha_o)} \quad 13$$

$$\alpha_o = \beta_w + \arcsen\left(\frac{\text{sen} \beta_w}{\text{sen} \delta}\right); \arcsen < \pi/2 \quad 14$$

9. CHASE, George. Solid Notes. University of Akron. P. 225.

10. Ibid., p. 255.

11. Ibid., p. 255.

12. Ibid., p. 254.

13. Ibid., p. 255.

14. Ibid., p. 254.

3.6 DESCARGA DE DEPÓSITOS

Los sólidos tienden a descargar por cualquier orificio de un depósito, pero descargan mejor a través de un orificio situado en el fondo. La presión en una salida lateral es menor que la presión vertical para el mismo nivel, de forma que la salida se obstruye con mayor facilidad; además la retirada de sólidos por una salida lateral de un depósito aumenta considerablemente la presión lateral sobre el otro lado durante un tiempo esta fluyendo el sólido. Una salida en el fondo no se obstruye fácilmente y no genera presiones anormalmente elevadas sobre ningún punto de las paredes.

Excepto para depósitos pequeños, no es posible abrir todo el fondo para la descarga. Generalmente un fondo cónico o piramidal conduce a una pequeña salida circular cerrada con una válvula o aun alimentador rotatorio. La presión en el fondo de la sección cónica o piramidal es considerablemente menor que la expresada en la ecuación

Cuando se abre la salida situada en el fondo de un depósito que contiene sólidos que fluyen libremente, el material situado inmediatamente encima de la abertura comienza a fluir. Se desarrollan uno o dos modelos de flujo dependiendo de la fricción entre los sólidos y las paredes del depósito. En depósitos de fondo cónico, con un cono alto, se desarrolla flujo en masa caracterizado porque todo el material

desciende uniformemente desde la parte superior del depósito. En depósitos de cono corto, o con paredes verticales y una abertura central en el fondo, tiene lugar flujo de túnel. En este caso, una columna vertical de sólidos, situada sobre la abertura, desciende sin perturbar el material lateral. Eventualmente comienza el flujo lateral, primeramente desde la capa mas alta de sólidos, formándose una depresión cónica en la masa. Los sólidos situados en el fondo del deposito o cerca de las paredes son los últimos en salir. El material desliza lateralmente hacia la columna central con un ángulo aproximadamente igual al ángulo de fricción interna de los sólidos. Si se añade más material por la parte superior del depósito con la misma velocidad con la descarga por el fondo, los sólidos próximos a las paredes del depósito permanecen estancados y no descargan cualquiera que sea el tiempo que dure el flujo.

La velocidad de flujo de sólidos granulares por gravedad a través de una abertura circular en el fondo del depósito, es:

$$\dot{m} = \frac{\rho_p D_o^n}{(6.288 \text{tg} \delta + 23.16)(D_p + 1.889) - 44.90} \quad 15$$

Donde m = velocidad de flujo de sólidos, lb/min

D_o = diámetro de la tubería, in.

δ = ángulo de fricción interna de los sólidos

D_p = diámetro de las partículas

15. McCabes, Smith. Operaciones Unitarias en Ingeniería Química. P. 886.

El exponente n varía desde aproximadamente 2.8 para partículas angulosas hasta aproximadamente 3.1 para esferas.

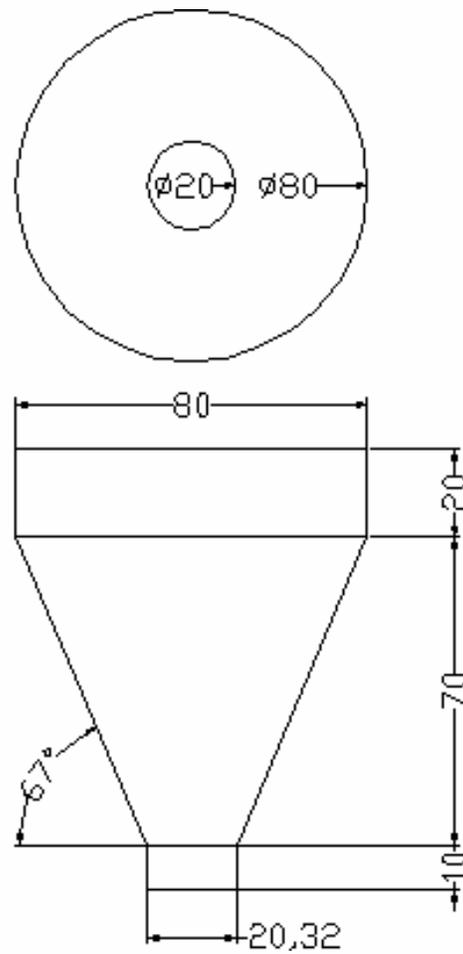
La abertura de descarga ha de ser lo suficientemente pequeña para que pueda ser cerrada fácilmente cuando los sólidos están fluyendo, pero no tanto que se obstruya. Es preferible hacer la abertura lo suficientemente grande para que pase el flujo deseado cuando esta semiabierta. En este caso se puede abrir mas para contrarrestar una obstrucción parcial. Sin embargo si la abertura es demasiado grande, la válvula de cierre puede ser difícil de accionar y el control de la velocidad de flujo será malo.

3.7 DISEÑO DE TOLVAS

3.7.1 Diseño de Tolvas de Alimentación de Proceso. Para las tolvas de alimentación al mezclador se ha diseñado de acuerdo a las características del material de la tolva y de los materiales a almacenar.

Para los tres materiales a almacenar se ha tomado seleccionar dos tolvas, una almacenara Carbonato de Calcio y PVC; mientras que la otra servirá para almacenar Scrap de PVC. Las dimensiones de esas tolvas son idénticas y se aprecian en la siguiente Figura3.

Figura 3. Tolva de Alimentación al mezclador



Para los tres materiales, el ángulo de fricción interna es de $\delta=32.2^\circ$. El ángulo de pared de la tolva es de $\alpha=23^\circ$, el factor de fricción es $\mu'=0.3$, $h=0.22\text{m}$, $h_0=0.7\text{ m}$.

La presión en la parte mas baja de la tolva (es decir en la salida) viene dada por:

$$P = \left(\frac{h}{h_o}\right)P_o + \frac{\rho_b g h}{\gamma - 1} \left[1 - \left(\frac{h}{h_o}\right)^{\gamma - 1} \right] \quad 16$$

Donde

$$P_o = \frac{D\rho_b(g/g_c)}{4\mu'K'} (1 - e^{-2\mu'K'Z_T/r}) \quad 17$$

Y el factor de Janssen es

$$K' = \frac{1 - \text{sen}\alpha_m}{1 + \text{sen}\alpha_m} \quad 18$$

$$K = \frac{1 - \text{sen}32.2}{1 + \text{sen}32.2} = 0.3047$$

16. CHASE, George. Solid Notes. University of Akron. P. 254.

17. McCabes, Smith. Operaciones Unitarias en Ingeniería Química. P. 884.

18. Ibid., p. 881.

Para las diferentes densidades obtenemos los siguientes valores de presión P_o

Cuadro 7. Presiones del depósito

Material	Densidad ρ (kg/m ³)	P_o (N/m ²)
CaCO ₃	571	12247.95
Scrap	585	12548.25
PVC	530	11368.50

Observamos que el valor mas critico es para el Scrap de PVC, del cual obtenemos una presión en el vértice de **$P_o=12548.25 \text{ N/m}^2$** .

Ahora procedemos a obtener el valor de la presión en la salida del depósito. Para ello es necesario hallar los siguientes datos:

$$\beta' = \frac{\text{sen} \delta \text{sen}(2\alpha + \alpha_o)}{1 - \text{sen} \delta \cos(2\alpha + \alpha_o)} \quad 19$$

$$\alpha_o = \beta_w + \arcsen\left(\frac{\text{sen} \beta_w}{\text{sen} \delta}\right); \arcsen < \pi/2 \quad 20$$

$$\beta_w = \arctan(\mu') \quad 21$$

$$\gamma = \frac{2B'D^*}{\tan \alpha} \quad 22$$

19. CHASE, George. Solid Notes. University of Akron. P. 256.

20. Ibid., p. 256.

21. Ibid., p. 254.

22. Ibid., p. 256.

Obtenemos los siguientes resultados

$$\beta_w = \arctan(0.3) = 16.7$$

$$\alpha_o = 16.7 + \arcsen\left(\frac{\text{sen}16.7}{\text{sen}32.2}\right) = 49.33$$

$$B' = \frac{\text{sen}32.2 \text{sen}(2 * 32.2 + 49.3)}{1 - \text{sen}32.2 * \cos(2 * 32.2 + 49.33)} = 0.3479$$

$$\gamma = \frac{2 * 0.3479 * 1}{\tan 23.2} = 1.6234$$

La presión en la salida del depósito es

$$P = \left(\frac{0.22}{0.70}\right)^{1.6234} (12548.25) + \frac{(585)(9.806)(0.22)}{1.6234 - 1} \left[1 - \left(\frac{0.22}{0.70}\right)^{1.6234 - 1}\right] = 1412.03 \text{ N / m}^2$$

Observamos que la presión disminuye un 88.75% de la presión inicial en la base del deposito.

Ahora para asegurar el flujo del material es necesario tomar el diámetro adecuado de salida de la tolva, para ello tomamos a partir de la ecuación

$$\dot{m} = \frac{\rho_p D_o^n}{(6.288 \text{tg} \delta + 23.16)(D_p + 1.889) - 44.90} \quad 23$$

Para que la alimentación del proceso se realice en el menor tiempo posible es necesario que los materiales que se almacenen en las respectivas tolvas sean desalojados en una razón de flujo masico muy rápido.

Para ello hemos tomado como gasto o flujo de material:

$$\dot{m} = 1600 \text{kg} / \text{min} = 3532 \text{lb} / \text{min}$$

$$\delta = 32.2^\circ$$

$$D_p = 1.2 \cdot 10^{-6} \text{m} = 4.724 \cdot 10^{-5} \text{in}$$

Para $2.8 \leq n \leq 3.1$, entonces $n=2.95$

$$\rho = 585 \text{Kg/m}^3 = 36.6 \text{lb/ft}^3$$

Con estos valores podemos obtener de la ecuación anterior el diámetro adecuado:

$$\dot{m} = \frac{(36.6)(D_o)^{2.95}}{(6.288 \text{tg} 32.2 + 23.16)(4.724 \cdot 10^{-5} + 1.889) - 44.90} = \frac{36.6(D_o)}{5.166}$$

$$\text{Para } D_o=4", \dot{m} = 423.06 \text{lb} / \text{min}$$

$$\text{Para } D_o=6", \dot{m} = 1399.18 \text{lb} / \text{min}$$

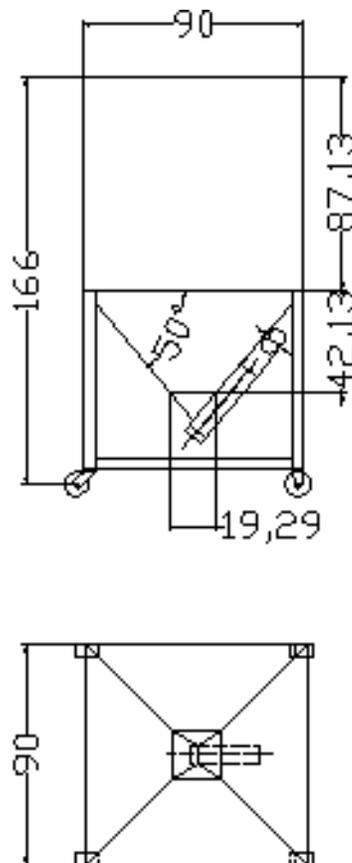
$$\text{Para } D_o=8", \dot{m} = 3269.20 \text{lb} / \text{min}$$

Tomamos el valor de $D_o=8"$, de esta forma aseguramos un flujo de mas de 3000 lbs/min. Y un diámetro apropiado para poder instalar una válvula que asegure el flujo adecuado.

3.7.2 Diseño de Tolva de Almacenaje de Compuesto de PVC. Para el diseño de este depósito que almacenara el compuesto que es procesado en el mezclador se ha dispuesto del siguiente tipo.

Esta tolva se fabricara en aluminio, el cual es un material muy liviano y muy favorable para almacenar materiales a granes no cohesivos, además facilita su desalojo.

Figura 4. Tolva de almacenaje de compuesto de PVC



Para los diferentes tipos de compuestos las densidades oscilan entre 410 y 760 kg/m³, el ángulo de fricción interna es de $\delta=33.7^\circ$ (aproximadamente según TUVINIL). El ángulo de pared de la tolva es de $\alpha=40^\circ$, el factor de fricción es $\mu'=0.3$, $h = 0.0715$ m, $h_o = 0.5363$ m.

La presión en la parte mas baja de la tolva (es decir en la salida) viene dada por:

$$P = \left(\frac{h}{h_o}\right)P_o + \frac{\rho_b g h}{\gamma - 1} \left[1 - \left(\frac{h}{h_o}\right)^{\gamma-1} \right] \quad 24$$

Donde

$$P_o = \frac{D\rho_b(g/g_c)}{4\mu'K'} (1 - e^{-2\mu'K'Z_T/r}) \quad 25$$

y el factor de Janssen es

$$K' = \frac{1 - \text{sen}\alpha_m}{1 + \text{sen}\alpha_m} \quad 26$$

$$K = \frac{1 - \text{sen}33.7}{1 + \text{sen}33.7} = 0.286$$

24. CHASE, George. Solid Notes. University of Akron. P. 254.

25. McCabes, Smith. Operaciones Unitarias en Ingeniería Química. P. 884.

26. Ibid., p. 881.

Para la variedad en la densidad del compuesto, tomamos la de mayor valor 760 kg/m³. Se obtiene el siguiente valor de presión P_o.

$$P_o = \frac{D\rho_b(g)}{4\mu'K} = \frac{(0.90)(585)(9.806)}{4(0.3)(0.286)} = 15043.3N/m^2$$

Ahora procedemos a obtener el valor de la presión en la salida del depósito. Para ello es necesario hallar los siguientes datos:

$$\beta' = \frac{\text{sen}\delta\text{sen}(2\alpha + \alpha_o)}{1 - \text{sen}\delta \cos(2\alpha + \alpha_o)} \quad 27$$

$$\alpha_o = \beta_w + \arcsen\left(\frac{\text{sen}\beta_w}{\text{sen}\delta}\right); \arcsen < \pi/2 \quad 28$$

$$\beta_w = \arctan(\mu') \quad 29$$

$$\gamma = \frac{B'D^*}{\tan\alpha} \quad 30$$

Obtenemos los siguientes resultados

$$\beta_w = \arctan(0.3) = 16.7^\circ$$

$$\alpha_o = 16.7 + \arcsen\left(\frac{\text{sen}16.7}{\text{sen}33.7}\right) = 47.89^\circ$$

-
27. CHASE, George. Solid Notes. University of Akron. P. 256.
 28. Ibid., p. 256.
 29. Ibid., p. 254.
 30. Ibid., p. 256.

$$B' = \frac{\text{sen}33.7 \text{sen}(2 * 40 + 47.89)}{1 - \text{sen}33.7 * \cos(2 * 40 + 47.89)} = 0.3266$$

$$\gamma = \frac{0.3266 * 1}{\tan 40} = 0.389$$

La presión en la salida del depósito es

$$P = \left(\frac{0.0715}{0.5363} \right)^{0.389} (15043.3) + \frac{(585)(9.806)(0.90)}{0.389 - 1} \left[1 - \left(\frac{0.0715}{0.5363} \right)^{0.389 - 1} \right] = 8497.58 \text{ N} / \text{m}^2$$

Observamos que la presión disminuye un 43.51% de la presión inicial en la base del depósito.

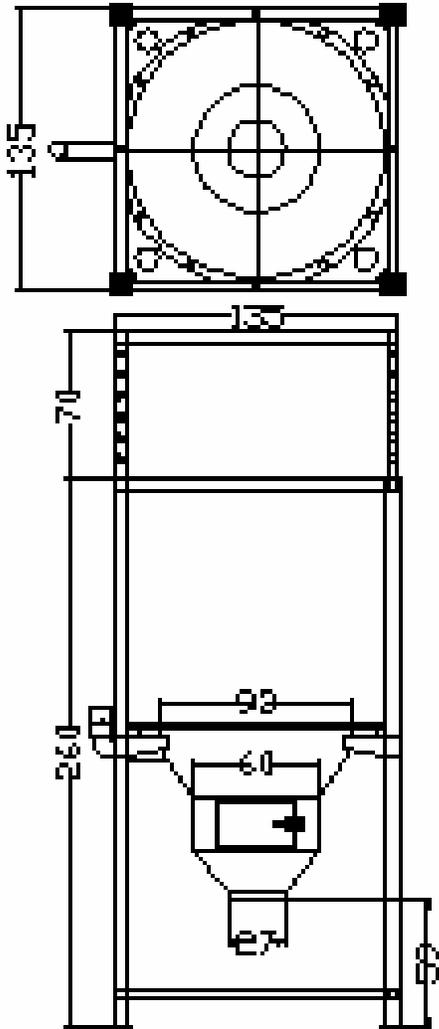
El diámetro de salida de este depósito se encuentra acoplado a una adaptación especialmente diseñada, la cual permite acoplar el transportador helicoidal que llenara el big bag.

3.7.3 Tolvas de Descargue de Big Bags. Para la recepción del material proveniente de los supersacos se han seleccionado unos sistemas de descargue ya estandarizados, estas estaciones son conformadas por una estructura descargadora de sacos, graduable en altura y según la dimensión del big bag, esta estructura se encuentra fabricada en hierro y sus especificaciones técnicas se observan en los anexos.

Además de la estructura, se encuentra una tolva de almacenaje, en forma cónica, de dimensiones adecuadas al espacio físico disponible en la planta.

Los descargadores de big bags, mas las tolvas tienen la siguiente forma, y se aprecian en la siguiente figura.

Figura 5. Descargadores de Big Bags



4. PARÁMETROS DE DISEÑO DEL TRANSPORTADOR NEUMÁTICO

El transporte neumático de partículas sólidas se clasifica ampliamente en dos regímenes de flujo: Fase diluida y fase densa.

El transporte neumático en fase diluida se caracteriza por las altas velocidades del gas (mayor de 20 m/s), las bajas concentraciones de sólidos (menos del 1% del volumen) y las caídas de presión bajas por unidad de longitud de transporte (típicamente menos de 5 mbar/m). El transporte neumático de fase diluida se limita a rutas cortas, transporte continuo de sólidos de menos de 10 Ton/hr y es el único sistema capaz de operar bajo presión negativa.

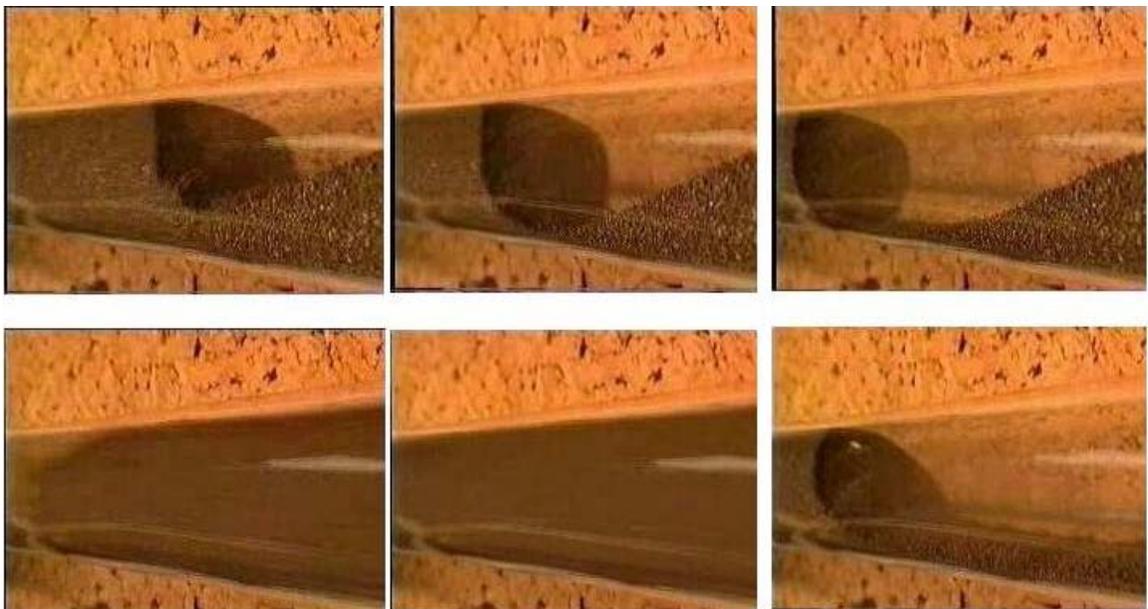
Figura 6. Transporte de partículas en Fase Diluida



En el otro extremo, se encuentra en el transporte neumático en fase densa, caracterizado por velocidades del gas bajas (1 a 5 m/s), altas concentraciones de sólidos (mayor al 30% del volumen) y las gotas de alta presión por unidad de longitud de tubería (típicamente mayor de 20 mbar/m).

En el transporte de fase densa las partículas no se suspenden completamente y hay mucha interacción entre las partículas.

Figura 7. Transporte de sólidos en Fase Densa



Desafortunadamente, el límite entre la fase densa y la fase diluida no es muy claro, y hasta ahora no hay una definición universalmente aceptada.

En cuanto a los equipos, el transporte neumático en fase diluida los sólidos se alimentan de la corriente de aire. Los sólidos se alimentan desde una tolva a una razón controlada a través de una válvula rotatoria en la corriente de aire que circula por la tubería. El sistema puede operar bajo presión positiva, presión negativa o emplear una combinación de los dos.

Figura 8. Sistema de transporte neumático a presión positiva.

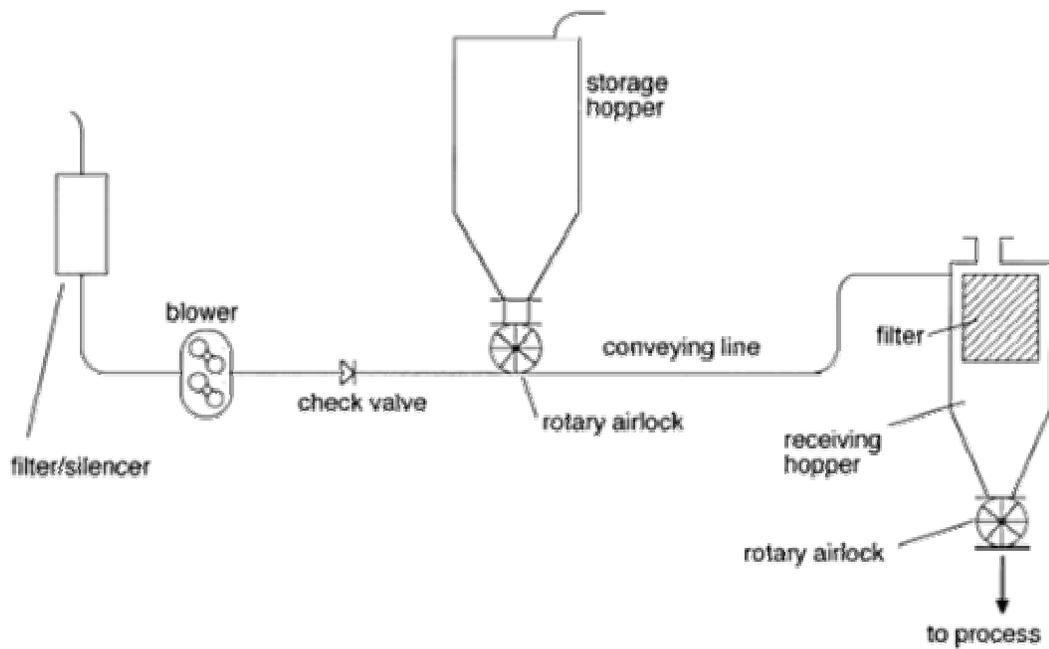
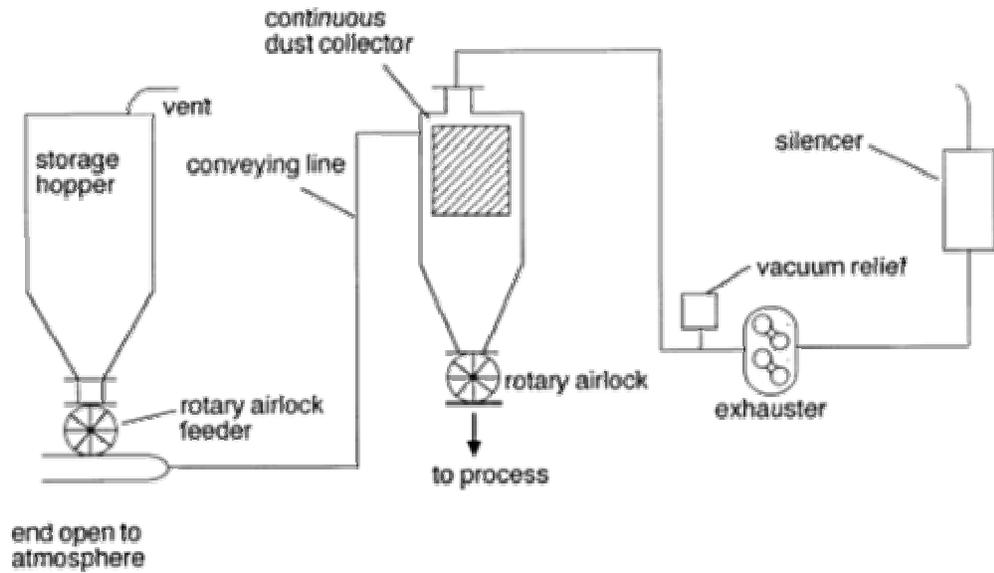


Figura 9. Sistema de transporte neumático bajo presión negativa.

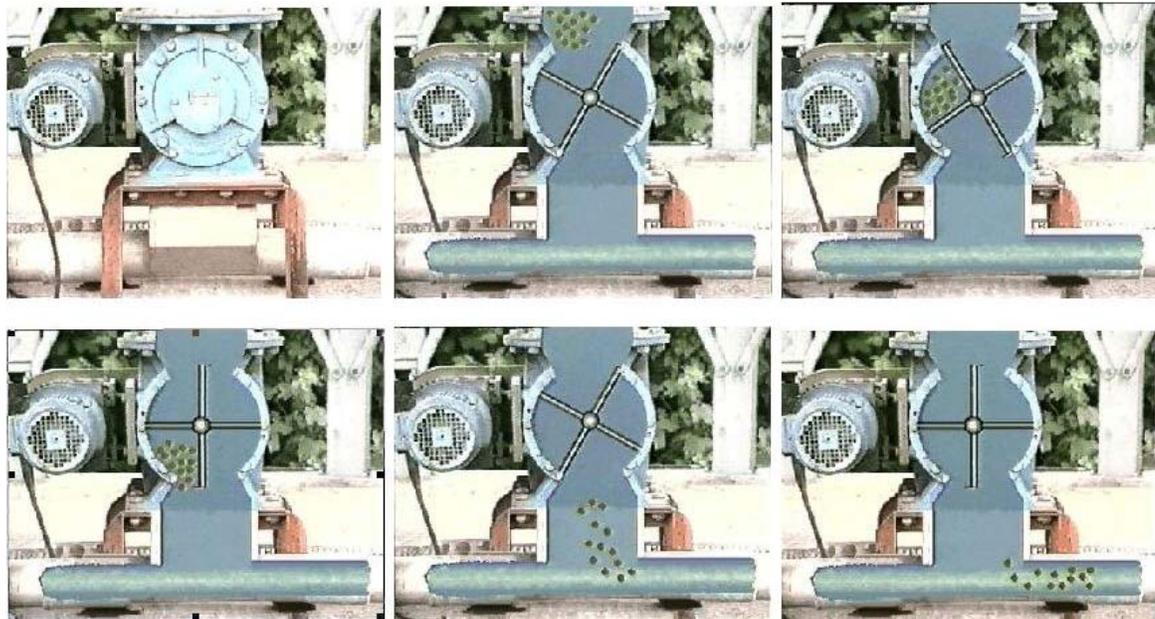


Los blowers comúnmente utilizados en los sistemas de transporte neumático en fase diluida son por lo general del tipo de desplazamiento positivo, aunque también se utilizan del tipo regenerativos, pueden o no tener controles de velocidad con lo cual varían la tasa de flujo de aire. Las válvulas rotatorias sirven para cortar el aire, y los tornillos dosificadores se utilizan en ocasiones para alimentar de material al sistema. En cuanto a los elementos de separación de las partículas sólidas y el aire, se utilizan por lo general separadores ciclónicos o filtros de varios tipos, y que utilizan diversos métodos de separación con el fin de limpiar el aire que será descargado a la atmósfera.

En algunas circunstancias no es posible utilizar el aire como medio de transporte, tales como:

- Contaminación de la fabrica con sustancias toxicas o radioactivas.
- Riesgos de explosión, por lo que utiliza un gas inerte.
- Contenido de humedad elevado, a menos de que esta se pueda controlar.

Figura 10. Operación de la válvula rotativa.



En estos casos se utiliza un sistema de lazo cerrado. Si se utiliza un soplador rotatorio, entonces los sólidos se pueden separar del gas por medio de separadores ciclónicos y filtros de tela. Si las presiones del sistema son lo suficientemente bajas, entonces se pueden utilizar sopladores centrífugos con separadores ciclónicos.

4.1 DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE PARTÍCULAS EN FASE DILUIDA

Para un diseño aproximado de un sistema de transporte neumático en fase diluida, se debe determinar las caídas de presión en el sistema.

Estas pérdidas se componen por:

- Caída de presión debida a colectores de polvo, filtros o ciclones.
- Caída de presión a través de blowers (incluyendo filtros, silenciadores, etc.)
- Perdidas asociadas a curvas o codos en la línea de transporte.
- Perdidas asociadas con la aceleración del fluido y los sólidos.
- Perdidas de presión por tubería horizontal.
- Perdida de presión por tubería vertical.
- Perdidas en válvulas divisoras.

4.2 CAÍDA DE PRESIÓN EN TUBERÍA HORIZONTAL

$$\Delta P_{Hor} = \Delta P_{aire} + \Delta P_{sol} \quad 31$$

$$\Delta P_{hor} = (\lambda_f + \mu\lambda_z) \left[\frac{\rho_g V_g^2 L}{2Dg_c} \right] \quad 32$$

31. Perry. Manual del Ingeniero Químico. P. 5-52.

32. Ibid., p. 5-52.

Donde

$$\mu = \frac{W_s}{W_g} = \frac{W_s}{V_g A} \quad 33$$

$$F_r = \frac{V_g^2}{gD} \quad 34$$

$$F_{rs} = \frac{V_f^2}{gd_p} \quad 35$$

$$\lambda_z = 0.082\mu F_r^{-0.86} F_{rs}^{0.25} \left(\frac{D}{d_p}\right)^{0.1} \quad 36$$

4.3 CAÍDA DE PRESIÓN EN TUBERÍA VERTICAL

$$\Delta P_{Hor} = \Delta P_{aire} + \Delta P_{sol} + \Delta P_{estat} \quad 37$$

$$\Delta P_{hor} = (\lambda_f + \mu\lambda_z) \left[\frac{\rho_g V_g^2 L}{2Dg_c} \right] + [\rho_p(1-\varepsilon) + \varepsilon\rho_g]L \quad 38$$

33. Perry. Manual del Ingeniero Químico. P. 5-52

34. Ibid., p. 5-52.

35. Ibid., p. 5-52.

36. Ibid., p. 5-52.

37. Ibid., p. 5-52

38. Ibid., p. 5-53

Donde

$$\frac{V_p}{V_g} = 1 - 0.044d_p^{0.3} \rho_p^{0.5} \quad 39$$

$$\varepsilon = 1 - \frac{W_s}{A\rho_p V_p} \quad 40$$

4.4 CAÍDA DE PRESIÓN EN CURVAS

$$\Delta P_{\text{codos}} = \text{No.Codos} \left[B(1 + \mu) \frac{\rho_g V_g^2}{2g_c} \right] \quad 41$$

Para $R/D \geq 6$ entonces $B=0.5$

Sin importar si el sistema se encuentra funcionando a presión positiva o negativa, se aplican de igual forma las formulas.

Para las perdidas de presión por accesorios, como válvulas, filtros o silenciadores se consulta con el fabricante de los respectivos equipos o se asume un estimado.

39. Perry. Manual del ingeniero Químico. P. 5-53.

40. Ibid., p.5-53.

41. CHASE, George. Solid Notes. Cáp.13. University of Akron. P. 13-2.

5. DISEÑO DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN PARA LOS EQUIPOS DE LA PLANTA DE PVC

5.1 SISTEMA A PRESIÓN POSITIVA

Los materiales a transportar son:

- Resina de PVC 1 y PVC 2: $\rho = 570 \text{ kg/m}^3 = 35.66 \text{ lb/ft}^3$ (promedio)
- Carbonato de Calcio: : $\rho = 830 \text{ kg/m}^3 = 51.92 \text{ lb/ft}^3$ (compacta)
- Longitud Horizontal: 7.9 m = 25.912 ft.
- Longitud Vertical: 5.0 m = 16.4 ft.
- Curvas a 90°, R/D = 6: 2
- Flujo masico: $Ws = 2400 \text{ kg/hr} = 5300 \text{ lb/hr}$.
- $\mu_{\text{aire}} = 4.0 \times 10^{-7} \text{ lb s/ft}^2$. $\rho_{\text{aire}} = 0.075 \text{ lb/ft}^3$.
- Diámetro Tubería Aluminio: $D = 2.5 \text{ in} = 0.2083 \text{ ft}$.
- Rugosidad relativa aluminio $\epsilon=0.02$.
- Diámetro de las partículas: $d = 1.2 \times 10^{-6} \text{ m} = 0.000003936 \text{ ft}$.

5.1.1 Caída de Presión Horizontal

$$\Delta P_{Hor} = \Delta P_{aire} + \Delta P_{sol} = (\lambda_f + \mu\lambda_z) \left[\frac{\rho_g V_g^2 L_{Hor}}{2Dg} \right]$$

La velocidad del fluido se obtiene del Cuadro 8. De acuerdo a la densidad del material a transportar, se selecciona la velocidad del aire.

Cuadro 8. Velocidad de transporte para diferentes densidades de materiales.
Perry. Manual del Ingeniero Químico. P. 7-21.

DENSIDAD A GRANEL		VELOCIDAD DEL AIRE	
lb/ft ³	Kg/m ³	ft/min	m/min
10	160	2900	884
15	240	3590	1094
20	320	4120	1256
25	400	4600	1402
30	480	5050	1539
35	560	5500	1676
40	640	5840	1780
45	720	6175	1882
50	800	6500	1981
55	880	6800	2072
60	960	7150	2179
65	1040	7450	2270
70	1120	7700	2347
75	1200	8000	2438
80	1280	8250	2515
85	1360	8500	2591
90	1440	8700	2652
95	1520	9000	2725
100	1600	9200	2804
105	1680	9450	2880
110	1760	9700	2957
115	1840	9900	3018
120	1920	10500	3200

Como el material de mayor densidad es la del carbonato, tomamos ese valor como determinante en la selección de la velocidad de transporte.

Para densidad de 830 kg/m^3 , la velocidad del aire $V_g = 6650 \text{ ft/min} = 110.83 \text{ ft/seg}$.

De esto podemos obtener el caudal o flujo de aire, $Q = VA = (6650 \text{ ft/min})(0.034 \text{ ft}^2)$
 $Q = 226.5 \text{ ft}^3/\text{min}$.

$$\mu = \frac{W_s}{W_g} = \frac{W_s}{Q\rho_g} = \frac{5300 \text{ lb/hr}}{(226.5 \text{ ft}^3/\text{min})(60 \text{ min/hr})(0.075 \text{ lb/ft}^3)} = 5.2$$

La velocidad de los sólidos la hemos determinado por $V_g = 30.6 \text{ ft/seg}$.

Para determinar los coeficientes de fricción del gas y de los sólidos, λ_f y λ_z respectivamente, tenemos:

Para el coeficiente de fricción del gas, nos remitimos al diagrama de Moody y el Número de Reynolds y la rugosidad relativa.

$$\text{Re} = \frac{V_g D \rho_g}{\mu_g} = \frac{(110.83)(0.2083)(0.0075)}{4.0 \times 10^{-7}} = 4.30 \times 10^6$$

$$\varepsilon / D = 0.008$$

Del diagrama obtenemos $\lambda_f=0.009$

Para el coeficiente de fricción de sólidos, necesitamos las siguientes formulas:

$$F_r = \frac{V_g^2}{gD} = \frac{(110.83)^2}{(32.2)(0.2083)} = 1831.411$$

$$F_{rs} = \frac{V_f^2}{gd_p} = \frac{(30.6)^2}{(32.2)(0.000003936)} = 7.388 \times 10^6$$

$$\lambda_z = 0.082 \mu F_r^{-0.86} F_{rs}^{0.25} \left(\frac{D}{d_p} \right)^{0.1} =$$

$$\lambda_z = 0.082(5.2)(1831.411)^{-0.86} (7.388 \times 10^6)^{0.25} \left(\frac{0.2083}{0.000003936} \right)^{0.1} = 0.1052$$

Ahora la caída de presión es

$$\Delta P_{Hor} = \Delta P_{aire} + \Delta P_{sol} = (\lambda_f + \mu \lambda_z) \left[\frac{\rho_g V_g^2 L_{Hor}}{2Dg} \right]$$

$$\Delta P_{Hor} = (0.009 + (5.2)(0.1052)) \left[\frac{(0.075)(110.83)^2 (25.912)}{2(32.2)(0.2083)} \right]$$

$$\Delta P_{Hor} = 976.73 \text{ psf} = 6.783 \text{ psi}$$

5.1.2 Caída de Presión Vertical

$$\Delta P_{Hor} = \Delta P_{aire} + \Delta P_{sol} + \Delta P_{estat}$$

$$\Delta P_{Vert} = (\lambda_f + \mu\lambda_z) \left[\frac{\rho_g V_g^2 L}{2Dg_c} \right] + [\rho_p (1 - \varepsilon) + \varepsilon\rho_g] L$$

Para ello es necesario determinar lo siguiente:

$$\frac{V_p}{V_g} = 1 - 0.044d_p^{0.3} \rho_p^{0.5} = 1 - 0.044(1.2 \times 10^{-6})^{0.3} (830)^{0.5} = 0.9788$$

$$\varepsilon = 1 - \frac{W_s}{A\rho_p V_p} = 1 - \frac{(5300/60)}{(0.034)(51.94)(0.9788 \times 6650)} = 0.9923$$

Ahora si podemos determinar la caída de presión:

$$\Delta P_{ver} = (\lambda_f + \mu\lambda_z) \left[\frac{\rho_g V_g^2 L}{2Dg_c} \right] + [\rho_p (1 - \varepsilon) + \varepsilon\rho_g] L$$

$$\Delta P_{ver} = (0.009 + 5.2 \times 0.1052) \left[\frac{0.075(11083)^2(164)}{2(0.2083)(322)} \right] + [51.94(1 - 0.9923) + 0.9923(0.075)](164)$$

$$\Delta P_{ver} = 62619 \text{ psf} = 4.348 \text{ psi}$$

5.1.3 Caída de Presión en Curvas. El sistema a presión positiva posee dos curvas de $R/D = 6$, entonces:

$$\Delta P_{codos} = No.Codos \left[B(1 + \mu) \frac{\rho_g V_g^2}{2g_c} \right] = 2 \left[0.5(1 + 5.2) \frac{(0.075)(110.83)^2}{2(32.2)} \right]$$

$$\Delta P_{codos} = 44.34 \text{ psf} = 0.308 \text{ psi}$$

5.1.4 Caída de Presión en el Filtro de Polvo. El fabricante nos informa que la pérdida de presión al manejar material granulares finos, no excede las 5" de H₂O, es decir 0.1806 psi.

$$\Delta P_{filtro} = 0.1806 \text{ psi}$$

5.1.5 Caída de Presión Total

$$\Delta P_{Total} = \Delta P_{Hor} + \Delta P_{Ver} + \Delta P_{codos} + \Delta P_{filtro} = 6.783 + 4.348 + 0.308 + 0.180 = 11.619 \text{ psi}$$

Del Catalogo de Sutorbilt, seleccionamos un blower que cumpla con los requerimientos siguientes:

Tubería D = 2.5", Flujo Q = 226.5 cfm y PE = 11.619 psi.

Tomamos el blower de referencia 5HP-5HVP 2.5" D.I.O.

13 psig, 323 cfm, 24.6 BHP, 2850 rpm.

5.2 SISTEMA A PRESIÓN NEGATIVA

- Material a transportar: Scrap de PVC, $\rho = 760\text{kg/m}^3 = 47.54 \text{ lb/ft}^3$
- D = 0.2083 ft, tubería de aluminio
- $d_p = 3 \text{ mm} = 0.00984 \text{ ft}$.
- $Ws = 5300 \text{ lb/hr}$
- Para 47.54 lb/ft^3 de densidad, la velocidad de transporte del aire es de $V = 6337.5 \text{ ft/min}$.
- Caudal Q = 216 cfm.
- Longitud Horizontal: 32.8 ft
- Longitud Vertical: 17.058 ft
- Curvas a 90° , R/D = 6: 5 codos
- $\mu_{\text{aire}} = 4.0 \times 10^{-7} \text{ lb s/ft}^2$. $\rho_{\text{aire}} = 0.075 \text{ lb/ft}^3$.

5.2.1 Caída de Presión Horizontal

$$\Delta P_{Hor} = \Delta P_{aire} + \Delta P_{sol}$$

$$\Delta P_{hor} = (\lambda_f + \mu\lambda_z) \left[\frac{\rho_g V_g^2 L}{2Dg_c} \right]$$

Donde

$$\mu = \frac{W_s}{W_g} = \frac{W_s}{Q\rho_g} = \frac{5300lb/hr}{(216ft^3/min)(60min/hr)(0.075lb/ft^3)} = 5.45$$

Ahora los factores de fricción del gas y del sólido se obtienen de forma similar a el anterior sistema.

Para el coeficiente de fricción del gas, nos remitimos al diagrama de Moody y el Número de Reynolds y la rugosidad relativa.

$$Re = \frac{VgD\rho_g}{\mu_g} = \frac{(105.625)(0.2083)(0.0075)}{4.0 \times 10^{-7}} = 4.25 \times 10^6$$

$$\varepsilon/D = 0.008$$

Del diagrama obtenemos $\lambda_f=0.009$

Para el coeficiente de fricción de sólidos, tenemos:

$$F_r = \frac{V_g^2}{gD} = \frac{(105.625)^2}{(32.2)(0.2083)} = 1663.37$$

$$F_{rs} = \frac{V_f^2}{gd_p} = \frac{(30.6)^2}{(32.2)(0.00984)} = 2955.234$$

$$\lambda_z = 0.082 \mu F_r^{-0.86} F_{rs}^{0.25} \left(\frac{D}{d_p}\right)^{0.1} =$$

$$\lambda_z = 0.082(5.45)(1663.37)^{-0.86} (2955.324)^{0.25} \left(\frac{0.2083}{0.00984}\right)^{0.1} = 0.0034$$

De esta forma obtenemos la pérdida de presión en tubería horizontal:

$$\Delta P_{Hor} = \Delta P_{aire} + \Delta P_{sol} = (\lambda_f + \mu \lambda_z) \left[\frac{\rho_g V_g^2 L_{Hor}}{2Dg} \right]$$

$$\Delta P_{Hor} = (0.009 + (5.45)(0.0034)) \left[\frac{(0.075)(105.625)^2 (32.8)}{2(32.2)(0.2083)} \right]$$

$$\Delta P_{Hor} = 56.33 \text{ psf} = 0.3912 \text{ psi}$$

5.2.2 Caída de Presión Vertical

$$\Delta P_{Vert} = (\lambda_f + \mu \lambda_z) \left[\frac{\rho_g V_g^2 L}{2Dg_c} \right] + [\rho_p (1 - \varepsilon) + \varepsilon \rho_g] L$$

Para ello es necesario determinar lo siguiente:

$$\frac{V_p}{V_g} = 1 - 0.044d_p^{0.3} \rho_p^{0.5} = 1 - 0.044(0.003)^{0.3} (760)^{0.5} = 0.787$$

$$\varepsilon = 1 - \frac{W_s}{A\rho_p V_p} = 1 - \frac{(5300/60)}{(0.034)(47.54)(0.6337.5 \times 0.787)} = 0.989$$

Ahora si podemos determinar la caída de presión:

$$\Delta P_{ver} = (\lambda_f + \mu\lambda_z) \left[\frac{\rho_g V_g^2 L}{2Dg_c} \right] + [\rho_p(1-\varepsilon) + \varepsilon\rho_g] L$$

$$\Delta P_{ver} = (0.009 + 5.45 \times 0.0034) \left[\frac{0.075(105625)^2(17.058)}{2(0.2083)(32.2)} \right] + [47.54(1-0.989) + 0.989(0.075)] 17.058$$

$$\Delta P_{ver} = 39.48 \text{ psf} = 0.274 \text{ psi}$$

5.2.3 Caída de Presión en Curvas. El sistema a presión positiva posee cinco curvas de R/D = 6, entonces:

$$\Delta P_{codos} = \text{No.Codos} \left[B(1 + \mu) \frac{\rho_g V_g^2}{2g_c} \right] = 5 \left[0.5(1 + 5.45) \frac{(0.075)(105.625)^2}{2(32.2)} \right]$$

$$\Delta P_{codos} = 209.51 \text{ psf} = 1.45 \text{ psi}$$

5.2.4 Caída de Presión en el Filtro de Polvo. El fabricante nos informa que la pérdida de presión al manejar material granulares finos, no excede las 5" de H₂O, es decir 0.1806 psi.

$$\Delta P_{\text{filtro}} = 0.1806 \text{ psi}$$

5.2.5 Caída de Presión Total

$$\Delta P_{\text{Total}} = \Delta P_{\text{Hor}} + \Delta P_{\text{Ver}} + \Delta P_{\text{codos}} + \Delta P_{\text{filtro}} = 0.3912 + 0.274 + 1.45 + 0.1806$$

$$\Delta P_{\text{Total}} = 2.296 \text{ psi} = 4.66" \text{ Hg}$$

Del Catalogo de Sutorbilt, seleccionamos un blower que cumpla con los requerimientos siguientes:

Tubería D = 2.5", Flujo Q = 216 cfm y PE = 4.66 in Hg.

Tomamos el blower de referencia 3LP-3LVP 2.5" D.I.O.

4 in Hg, 252 cfm, 2.9 BHP, 2770 rpm.

5.3 SELECCIÓN DE VÁLVULAS ROTATIVAS

En base a la información del catalogo suministrado por la empresa y de acuerdo a las características de diseño del sistema y la clase de materiales a manejar tenemos:

Capacidad (Co)= Flujo masico (W)/Densidad (ρ)

- CaCO_3 : $\text{Co} = 2.8915 \text{ m}^3/\text{hr}$
- Scrap: $\text{Co} = 3.1579 \text{ m}^3/\text{hr}$
- Resina: $\text{Co} = 4.2105 \text{ m}^3/\text{hr}$

Ahora para una rata de llenado del 25% y una velocidad de 1500 rpm, tenemos:

- CaCO_3

$$\text{Capacidad} = \frac{C_{ox} \delta x \alpha x n}{100} = \frac{28915 \text{ m}^3 / \text{hr} (1/1 \text{ rpm}) (0.83 \text{ ton} / \text{m}^3) (25) (1500 \text{ rpm})}{100}$$
$$\text{Capacidad} = 899.98 \text{ ton} / \text{hr}$$

- Scrap PVC

$$\text{Capacidad} = \frac{C_{ox} \delta x \alpha x n}{100} = \frac{3.1579 \text{ m}^3 / \text{hr} (1/1 \text{ rpm}) (0.76 \text{ ton} / \text{m}^3) (25) (1500 \text{ rpm})}{100}$$
$$\text{Capacidad} = 900.0015 \text{ ton} / \text{hr}$$

- Resina PVC

$$\text{Capacidad} = \frac{C_{ox} \delta x \alpha x n}{100} = \frac{4.2105 \text{ m}^3 / \text{hr} (1/1 \text{ rpm}) (0.57 \text{ ton} / \text{m}^3) (25) (1500 \text{ rpm})}{100}$$
$$\text{Capacidad} = 899.99 \text{ ton} / \text{hr}$$

Las válvulas rotativas seleccionadas cumplen con los requerimientos básicamente de dimensiones de los descargadores de big bags. La capacidad a manejar es de 900 ton/hr. Estas válvulas se pueden observar en la Figura 11.

Figura 11. Válvulas Rotativas



5.4 SELECCIÓN DE FILTROS DE POLVO

Para la selección de los filtros, debemos tener en cuenta las dimensiones de las tolvas. Estos filtros van a estar colocados encima de ellas por lo que deben de tener unas dimensiones adecuadas que no sobrepasen las dimensiones ya escogidas. Para su selección hay que tener en cuenta:

Se realiza en función del caudal de aire, del tipo de producto, de su granulometría, concentración y humedad.

Superficie filtrante necesaria (m^2)= Caudal de aire ($m^3/min.$) / i

$i = 0-2,5$ para productos finos, pegajosos, de alta concentración.

$i = 2,5-4,0$ para productos intermedios.

$i = 4,0-7,0$ para productos gruesos, secos y con baja concentración.

Como Los materiales que se van a manejar son Resina de PVC, Carbonato de Calcio y Scrap de PVC, Tomamos $i = 7.0$

El caudal de aire a manejar es de 323 CFM ($9.15 \text{ m}^3/\text{min}$; sistema a presión positiva), y 252 CFM ($7.14\text{m}^3/\text{min}$; sistema a presión negativa)

$$\text{Superficie Filtrante} = \frac{9.15\text{m}^3/\text{min}}{7.0} = 1.14 \text{ m}^2. \text{ Sistema a presión positiva.}$$

$$\text{Superficie Filtrante} = \frac{7.14\text{m}^3/\text{min}}{7.0} = 1.02 \text{ m}^2. \text{ Sistema a presión negativa.}$$

De acuerdo a esto seleccionamos dos filtros del Tipo HDFT 4/1200, suministrado por Prillwitz y Cia.

Figura 12. Filtro HDFT



5.5 VÁLVULAS DE CONTROL DE VACIADO DE TOLVAS

La selección de estas tolvas se hace de acuerdo a las dimensiones de la boca de salida de la tolva, para las dos tolvas que poseen iguales dimensiones se necesitan de dos válvula de mariposa de 8 pulgadas nominales y actuador eléctrico.

- Dos válvulas de Bloqueo de flujo Tipo Mariposa de dos vías. Marca: WE Anderson – Dwyer Modelo: 225-WFB-2516 E1C. Cuerpo en hierro recubierto roscado de 8". Vástago en 17/4 Ph acero inoxidable. Disco en Noryl. Sello en EPDM. Con actuador eléctrico proporcional con entrada 4-20 mA; con encerramiento NEMA 4, 300 in-lb.

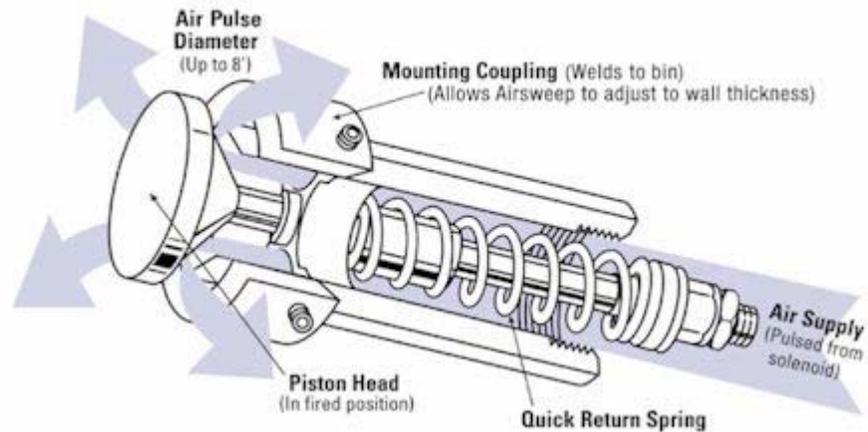
Figura 13. Válvula de dos vías.



5.6 SISTEMA DE FLUIDIFICACIÓN

Para facilitar el correcto flujo de descarga de los materiales, desde las tolvas respectivas, hasta las cubas del mezclador, se hace necesario un sistema que facilite y ayude a que los materiales no se peguen en las paredes de los depósitos. Para lograr esto se han seleccionado unos equipos fluidificadores para cada tolva.

Figura 14. Boquilla de Fluidificación

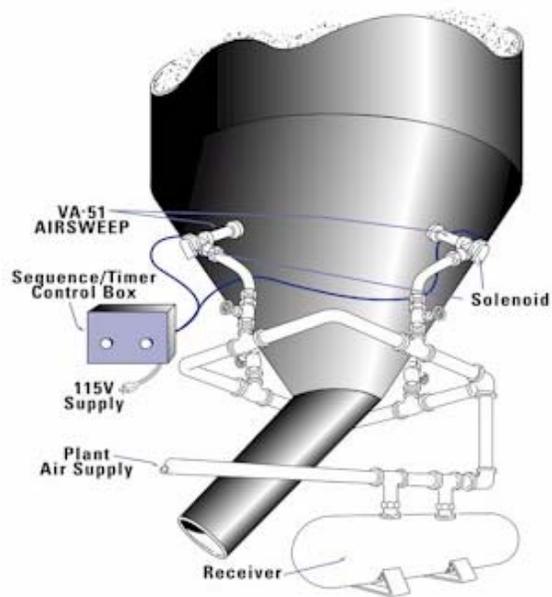


El sistema de fluidificación consiste en:

Es una boquilla que dirige potentes pulsos de aire entre el material y la pared del recipiente para barrer y desprender el material de las superficies inclinadas. El material que se afloja cae hacia la salida iniciando un flujo descendente del material. Disparos temporizados y en secuencias del fluidificador estratégicamente ubicado mantienen un caudal positivo y controlado con un gasto mínimo de aire.

- El Fluidificador es diseñado para dirigir pulsos de aire de 0.25 seg. a lo largo de las paredes, desprendiendo el material adherido en un radio de hasta 2 pies (60 cm) de diámetro.
- El Fluidificador se cierra y sella inmediatamente después de cada disparo impidiendo la entrada de material mientras esté en estado de reposo.

Figura 15. Sistemas de Fluidificación



Un sistema típico consiste de Fluidificadores estratégicamente localizados, válvulas solenoides de alto flujo, controlador de secuencia electrónico y tanque receptor. El sistema puede operar independientemente o integrarse fácilmente con otros equipos o sistemas de automatización.

Como guía para el cálculo del número de inyectores se busca cubrir toda la longitud de la circunferencia a la altura que se desee, teniendo como dato un cubrimiento de 60 cm de diámetro por cada inyector.

Acoplado a cada inyector se instala una válvula Myrlen DV06 de diafragma y alto flujo operada por solenoide.

Una caja de control Myrlen modelo CBO 4-4 con circuito secuenciador-temporizador se encarga de programar la rata de disparo de los inyectores. Recomendamos una secuencia con pulsos de 0.25 seg. y tiempos en reposo de 20 seg. Ajustes posteriores se pueden efectuar al control de acuerdo con la frecuencia de acumulación del producto y los requerimientos de descarga.

Para la selección de estos equipos, se contó con la ayuda expresa del Ingeniero José Velásquez, de Myrlen Inc. el cual de acuerdo a una serie de datos particulares de los tres productos, y los esquemas de los depósitos. Asumiendo un suministro mínimo de 40 psi, se sugiere la instalación de Airsweeps VA-06 para proveer flujo positivo.

Cuadro 8. Fluidificadores para Tolvas

Can	Model	Descripción
6	VA-06C	Inyector Airsweep (3/4") en Acero al carbón con Acople de montaje en aluminio y niple de Conexión galvanizado
6	DV06-220	Válvula de pulso de alto flujo y diafragma operada por solenoide. 3/4" NPT in/out 140 VAC
2	CBO4-4-220	Circuito temporizador-secuenciador 1 a 4 salidas 220 VAC y caja 8x10" standard NEMA 4.

Para su operación se deben cumplir como mínimo, los siguientes requisitos:

Modelo VA-06 (3/4"): Rango 40 –60 psi

Consumo promedio del sistema (mientras opera): 1.5 CFM (basado en 3 disparos por minuto).

Tubería: Alimentación a tanque (1”), circuito alrededor de la tolva (1”), alimentación a válvulas e inyectores (3/4”).

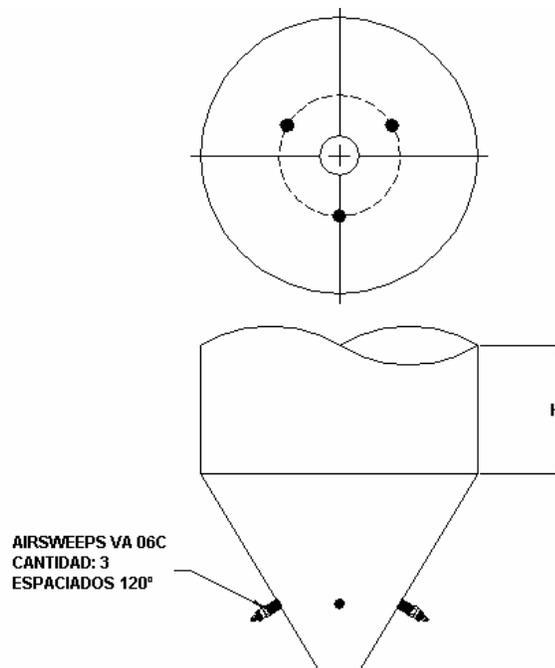
Aire comprimido limpio y seco (no lubricado)

Suministro eléctrico: 115 v; 3 Amp. (220 VAC, 12 y 24 VDC también disponibles).

Para su localización en las respectivas tolvas, se tiene:

- Tres (3) inyectores se posicionan en la sección cónica de la tolva a una altura de 200 mm desde la descarga; igualmente espaciados 120° entre si (mirar esquema).

Figura 16. Montaje para Tolvas de Alimentación de proceso.



5.7 SISTEMA DE PESAJE

Para el pesaje de los materiales, se tienen los siguientes elementos, conjuntos de soporte y celda, llamados Stabiflex, los cuales se muestran en la siguiente figura.

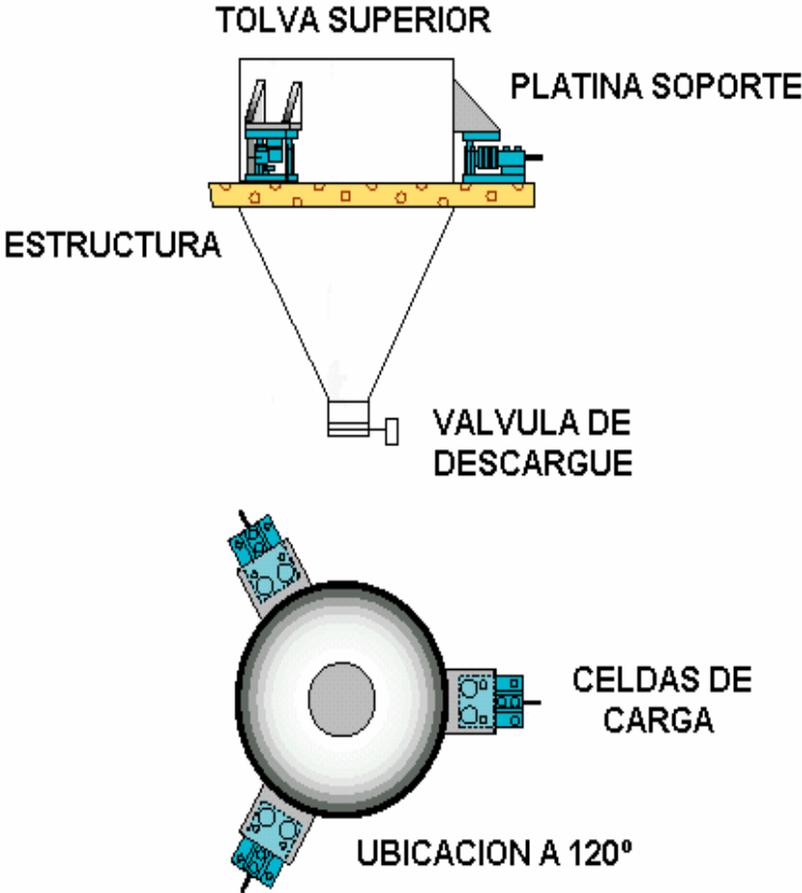
Figura 17. Stabiflex.



La disposición en las tolvas, según el mismo fabricante para tolvas cónicas la observamos en la Figura 18.

Disposición a 120 grados de separación, tres celdas por tolva. Acopladas a la platina de soporte de 14 cm de ancho por 14 de largo por 14 de alto, y 10 mm de espesor.

Figura 18. Montaje de celdas para las tolvas



6. SISTEMA DE TRANSPORTE POR MEDIO DE TRANSPORTADOR HELICOIDAL FLEXIBLE

Un transportador helicoidal puede transportar material en forma vertical hasta 35 pies, horizontalmente hasta 80 pies (y aun a distancias mayores al transferir desde un transportador a otro) además, se puede curvar alrededor, sobre o bajo de cualquier obstrucción, y se puede pasar a través de aberturas de hasta 3" en diámetro de paredes o techos. Esta flexibilidad tremenda le permite a usted colocar tanto la tolva de llenado como el conducto de descarga exactamente donde usted los necesita, sin necesidad de un ruteo exacto del transportador.

En comparación, los elevadores a baldes / paletas y los transportadores espirales rígidos transportan material en línea recta, y pueden operar solamente a ángulos de elevación, forzando a usted a restringir sus operaciones a las limitaciones inherentes al equipo.

La única parte movable en un transportador flexible, es su espiral interno el cual esta directamente manejado por un motor eléctrico. A medida que el espiral gira, impulsa el material y se auto centra en el tubo, proporcionando así una distancia entre el espiral y la pared del tubo.

Este diseño sencillo no solamente proporciona los beneficios obvios de un manejo a bajo costo y sin problemas, pero más importante aun es que le ofrece un nivel de rendimiento que sobrepasa y supera los equipos más sofisticados de mayor precio.

En contraste, los transportadores espirales rígidos necesitan de rodamientos internos, y los elevadores a baldes tienen cientos de partes movibles, lo que resulta en la necesidad de mantenimiento adicional, mayor tiempo de limpieza, y un costo mayor.

La serie de transportadores flexibles en forma espiral trabaja productos suavemente. Estos productos pueden ser húmedos, aceitosos, grasos y con otros aditivos que tienden a aglomerarse, a quedarse inmóvil, a estirarse, o a conglomerarse. Las unidades transportan de 1a 1000 pies cúbicos por hora, hasta 18 pies de altura.

A diferencia de otros transportadores, es un sistema totalmente cerrado, a prueba de polvo y derrames que evita contaminación de sus sólidos a granel y/o del medio ambiente de su planta. Todo producto que sea transportado por, en condición caliente, fría, seca o húmeda, permanece en esa condición mientras sea transportado.

A medida que un transportador flexible gira, se auto centra en el interior de su tubo, dejando amplio espacio entre el espiral y la muralla del tubo para evitar que el producto se muele o triture.

Además, la suave acción giratoria del espiral asegura que productos mezclados permanezcan mezclados a través de todo el largo del transportador.

A diferencia de los transportadores helicoidales flexibles, los espirales rígidos tienden a arrastrar el producto a lo largo del fondo del transportador, lo cual a menudo causa que el producto quede molido o triturado. Transportadores neumáticos causan un daño aun mayor en el material que se esta transportando puesto que el producto impacta contra los codos de los ductos a velocidades extremadamente altas. Ambos sistemas también tienden a separar las mezclas. En fin, todos estos inconvenientes pueden ser evitados fácilmente con un transportador flexible.

Su diseño innovador, pero a la vez de una construcción simple, hacen que los transportadores flexibles sean los mas económicos. No poseen ninguno de los rodamientos, engranajes, filtros o cadenas internas, ni ninguno de los compresores, sopladores y separadores externos que hacen que otros transportadores sean más costosos para fabricar, instalar y adquirir.

El transportador flexible es el más económico de instalar. Su conducto flexible puede hacerse pasar fácilmente alrededor de obstáculos, o a través de aperturas

pequeñas. Además, debido a que ocupa un espacio mínimo en la planta, y puede transportar a cualquier ángulo de elevación, su instalación, es fácil, rápida y económica, en aquellas situaciones que serian difíciles, costosas o casi imposible de satisfacer con cualquier otro tipo de transportador.

Los transportadores flexibles no tienen engranajes filtros o transmisiones que requieran mantenimiento o desarme. La única parte móvil es el espiral sólido, que resiste el desgaste y la fatiga. Además, esta accionado directamente por un motor eléctrico, con engranaje reductor, que no presenta partes movibles.

La unidad puede ser diseñada de tal manera que aun bajo una carga completa de producto húmedo y denso, puede detener y arrancar la unidad repetidamente, sin que la misma sufra daño alguno. Su diseño simplificado, su construcción reforzada, y su operación a toda prueba hacen que los transportadores helicoidales flexibles sean el sistema con menor incidencia de problemas en el mundo y de menor costo de mantenimiento. Ver la siguiente Figura 19.

Figura 19. Transportador Helicoidal Flexible



6.1 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE COMPUESTO DE PVC A EXTRUSORAS E INYECTORAS DE PVC

Para la alimentación del compuesto de PVC, el cual fue previamente elaborado, se ha dispuesto un sistema práctico y sencillo apoyándose fundamentalmente en trasladar el material de un punto a otro, por medio de un transportador helicoidal flexible.

Los equipos que se desean alimentar, son los siguientes:

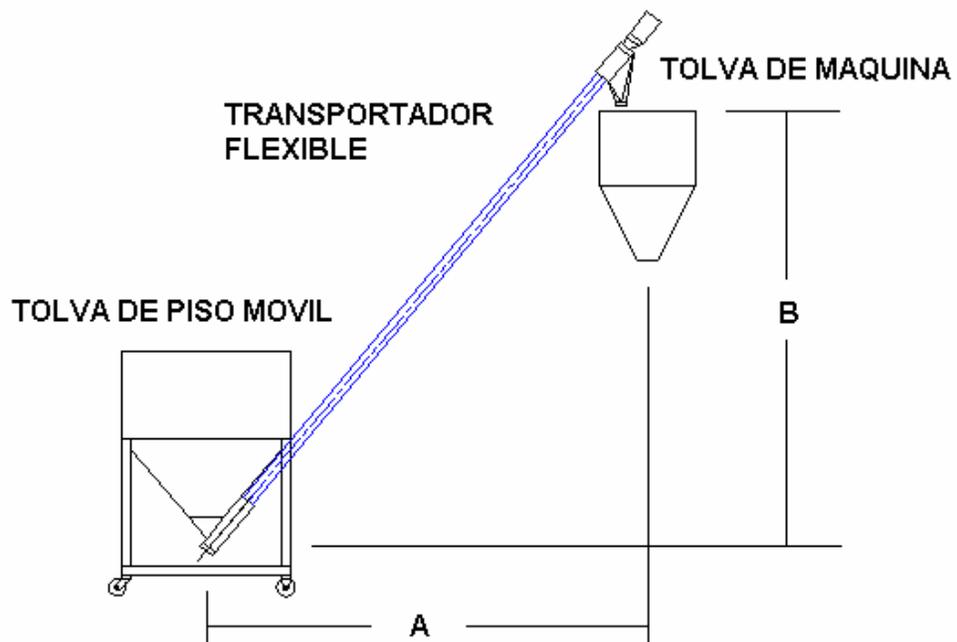
- Cuatro extrusoras de PVC, con la que se obtienen los tubos de diversos diámetros y espesores.

- Tres inyectoras de PVC, con las cuales se fabrican los accesorios para tubería Tipo Inyección y Sanitaria.

Las disposiciones varían de acuerdo a cada equipo, es así que la separación vertical A, y la separación horizontal B cambian de acuerdo a los siguientes datos.

Cuadro 10.

Figura 20. Disposición de Transportador



Cuadro 10. Disposiciones de Transportadores.

MAQUINA	CONSUMO MÁXIMO	DISTANCIA HORIZONTAL	DISTANCIA VERTICAL
Extrusora CM 45	100 kg/hr	190 cm	232 cm
Extrusora DESK 62	280 kg/hr	164 cm	251 cm
Extrusora KMD-290	440 kg/hr	173 cm	245 cm
Extrusora CT 90	150 kg/hr	182 cm	238 cm
Inyectora No. 8	100 kg/hr	186 cm	235 cm
Inyectora No. 91	100 kg/hr	186 cm	235 cm
Inyectora No. 45	100 kg/hr	186 cm	235 cm

En TUVINIL S.A., y como se aprecia en los esquemas tanto de Planta de Extrusión de Tuberías e Inyección de Accesorios de PVC, hay muy poco espacio, en vista de que las diferentes líneas de fabricación están muy cerca la una de la otra.

Para la Planta de Extrusión, existe limitado espacio entre las extrusoras CT 90 y KMD 290; igualmente entre las extrusoras CT 45 y DESK 62.

Para la primera, la distancia entre las dos maquinas es de 4.42 m, lo cual es suficiente, pero hay que tener en cuenta que por esa zona hay trafico de personas y maquinaria por lo que debe existir un espacio mínimo de 1.50 m.

Para la segunda, la separación es menor, solo se dispone de 3.12 m, y con el mismo flujo de tráfico es muy difícil colocar el conjunto tolva-transportador perpendicular al eje de la extrusora.

Por tal razón se ha planteado la forma de colocarlas en diagonal al eje de la extrusora, y gracias a la flexibilidad del transportador se le puede dar cierta curvatura y se ahorra aun mas espacio entre extrusoras.

Para la plata de inyección, el espacio es mas amplio, las distancias entre las maquinas es mucho mayor y esto facilita el desplazamiento en la zona.

Las tolvas de piso son idénticas en diseño a las de alimentación del mezclador de compuesto, su única diferencia radica en que están provistas de rodajas que le permitirán ser trasladadas por toda la planta.

Para el descargue, y consiguiente llenado de estas tolvas, se ha provisto de habilitar una zona ubicada en la planta de extrusión, consistente en una construcción hecha en hormigón, que anteriormente fue utilizada para sostener un conjunto de equipos de refrigeración en su parte superior. Hoy día esta completamente inutilizada, por lo que se habilitara para colocar en sus vigas principales dos polipastos de cadena, con anclaje a la viga. Estos servirán para

subir el big bag de compuesto que proviene de la zona de mezclado, asegurarlo y dejarlo estable para poder colocar debajo de el la tolva respectiva a ser llenada.

Estos big bags poseen en su parte inferior una manga de vaciado, provista de un cordón de aseguramiento que le ayuda a regular el flujo.

El procedimiento consistirá en ir descargando la cantidad de compuesto necesaria en la tolva, a medida que se este llenando el operario ira reduciendo el flujo de salida con el cordón.

Cuando este llena la tolva, se cerrara la manga del saco, y se desmontara de ser necesario el saco, colocándolo sobre una estiba respectiva. Esto si es que hay que llenar otra tolva de un compuesto diferente, como es posible que se presenten interferencias en el momento del llenado de tolvas, se ha planteado que sean tres polipastos, que estén disponibles para esa maniobra.

Por cada maquina a su vez corresponderán dos tolvas, una que estará alimentando el equipo respectivo, y otra que servirá de stand by para que se este llenando y lista para ser intercambiada.

Un esquema de la estructura en hormigón, los polipastos, los sacos y las tolvas se observa a continuación.

Figura 21. Llenado de tolvas móviles.

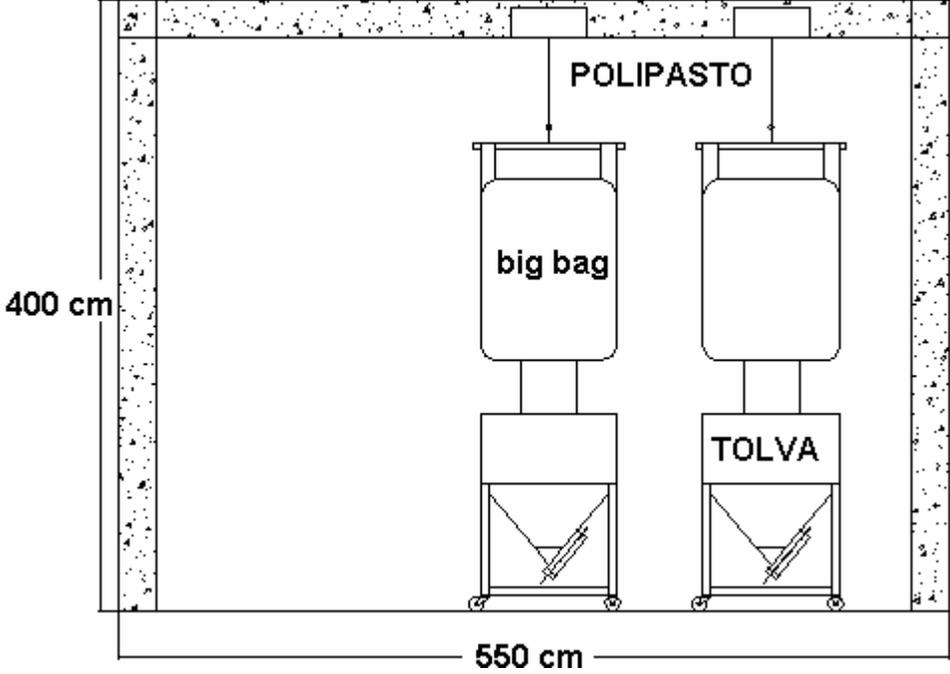
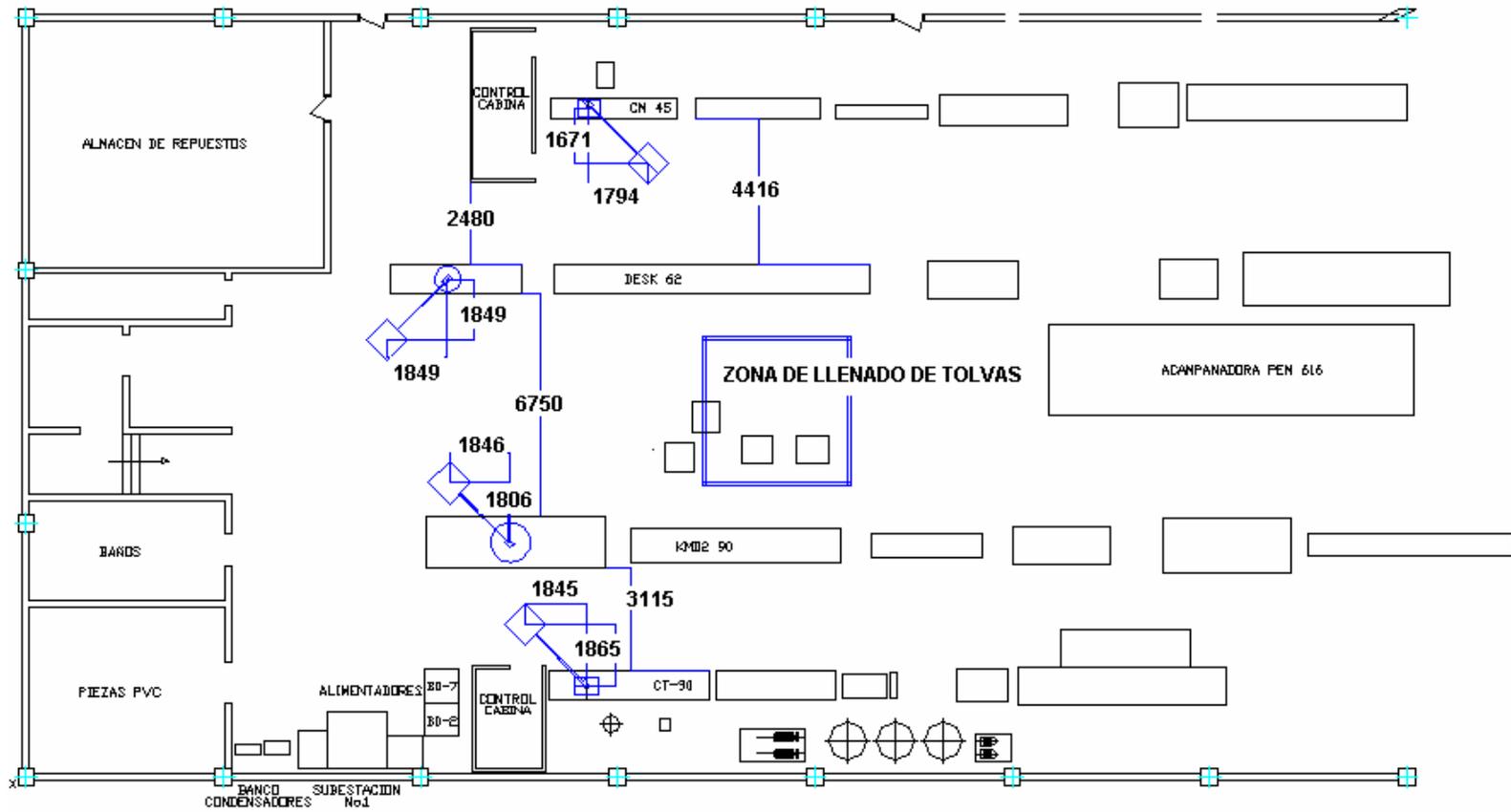
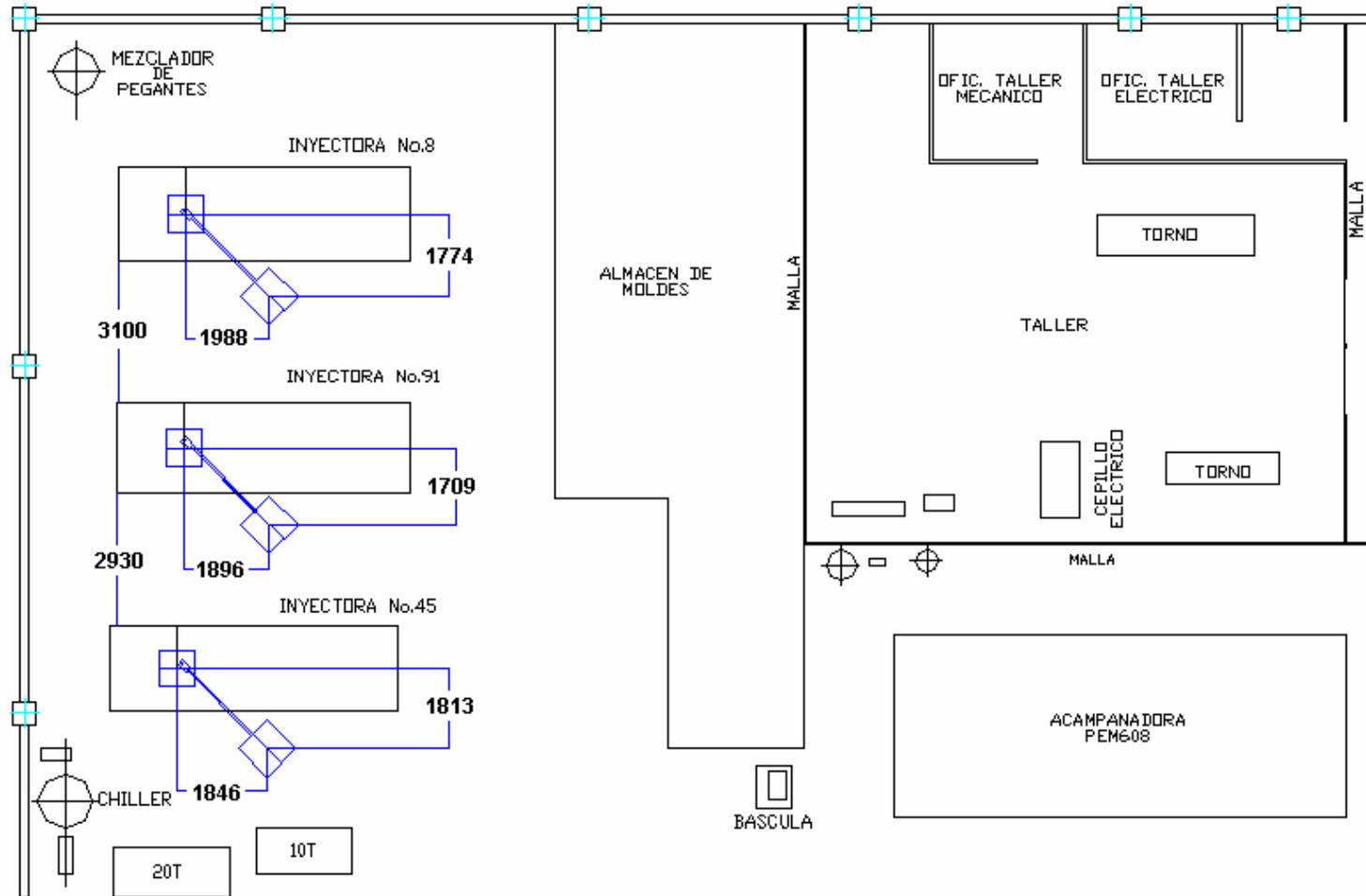


Figura 22. Planta de Extrusión



PLANTA DE EXTRUSION DE TUBERIAS DE PVC

Figura 23. Planta de Inyección



PLANTA DE INYECCION DE ACCESORIOS DE PVC

Para la selección de los transportadores helicoidales, nos referiremos al catalogo de la compañía DMI, con sede en Bogota, y donde gustosamente el Ingeniero Jairo Gordillo, nos ha facilitado la ayuda necesaria.

6.1.1 Características Técnicas. El transportador consta de los siguientes elementos:

- Funda del resorte: Es fabricada en polietileno de media densidad cuyo diámetro y espesor varían según el tamaño del transportador, es soldable por termofusión y electrofusión manual o con elementos mecánicos, tiene paredes lisas, peso liviano y flexibilidad para las curvas.
- Resorte Helicoidal: Elaborado de Acero 5160 tratado térmicamente para liberar memoria y conceder memoria de curvatura.
- Carcaza Superior: Funciona como estructura principal del dispositivo portando el motor y dando direccionamiento al material, es fabricada en lámina cold rolled calibre 12 recubierta de pintura acrílica inoxidable.
- Sensor de membrana para protección de apagado de emergencia en caso de que el sensor mecánico no funcione. Fabricado en acero calibre 12.
- Canastilla de soporte axial y porta alma fabricada en cold rolled o inoxidable según sea necesario, contiene su respectivo rodamiento y retenedor.
- Alma de Nylon según el transportador acondicionada en el interior del resorte.

- Control eléctrico. Compuesto por:
 - Contactor de Maniobra
 - Protección térmica
 - Fusible de Protección
 - Temporizador 0.5 – 12 horas
 - Sensor Capacitivo o mecánico para ciclado
 - Botonera con piloto guía de energizado
 - Sistema eléctrico marca SIEMENS o KLOCNER MULLER

- Motor eléctrico SIEMENS 220/430 VAC, Forma constructiva B5-flanche frontal.

Para las diferentes aplicaciones se fabrican una serie de alimentadores, según la capacidad y el uso que se les de.

Cuadro 11. Tipos de Alimentadores Helicoidales. Catalogo de DMI.

TIPO	DIAMETRO EXTERNO	POTENCIA HP	RPM	KG/HR	ALMA INTERNA	DIÁMETRO ESPIRAL
A-27	33 mm	0.7	1685	0-30	Sin	4.7
A-34	42 mm	1.0	1700	30-90	3/8 Nylon	6.35
A-49	60 mm	1.8	1120	90-450	½ Nylon	7.9
A-78	88 mm	4.4	1140	450-1300	33 PHD	9.5
A-93	114 mm	6.6	1150	1300-2000.	42 PHD	12.7

De acuerdo a este cuadro de equipos, y para material en polvo, con densidades que oscilan entre los 410 y 760 Kg/m³, y teniendo en cuenta el consumo máximo de las distintas maquinas, el cual oscila entre 100 y 440 kg/hr. Los alimentadores escogidos para las extrusoras e inyectoras de PVC, es el modelo A-49, con 60 mm de diámetro externo, ratas de flujo entre 90 y 450 kg/hr, a 1120 rpm y 1.8 HP.

6.2 LLENADO Y PESAJE DE BIG BAGS DE COMPUESTO DE PVC

Luego de que los distintos insumos necesarios para realizar el compuesto es generado en el mezclador Pacomex, este se encuentra listo para ser empacado en su big bag, el cual se escogió para manejo interno, el de 625 Kg.

Para realizar esto se hace necesaria una tolva de almacenaje intermedio, que permite guardar cierta cantidad de compuesto de PVC, que proviene del mezclador. De allí, se llevara por medio de un transportador helicoidal, al correspondiente big bag a llenar.

Este big bag, debe ser censado en su peso, como medida de control, ya que este esta diseñado para soportar una capacidad ya estimada de 625 Kg.

Para saber cuanto se ha alcanzado esta cifra se ha diseñado un sistema muy sencillo de plataformas de rodillos, apoyados en celdas de carga que ayudaran además al operario desalojar el big bag cuando este lleno.

Para este proceso se necesitan una serie de elementos muy importantes, como son:

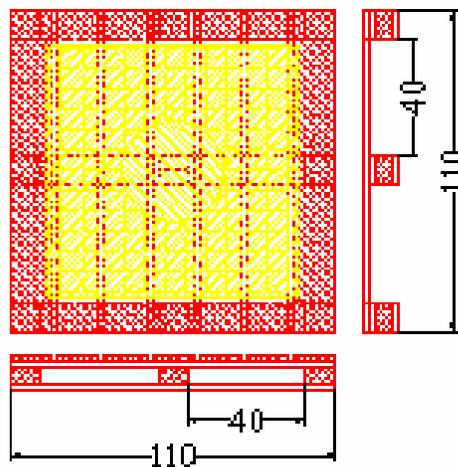
- Tolva de almacenamiento de compuesto de PVC.
- Plataformas de rodillos estratégicamente distribuidos. Para ello se seleccionaron del catalogo de HYTROL Conveyors, y su representante en Colombia, ROPIM S.A. Los transportadores de rodillos de gravedad de las siguientes dimensiones.
 - Plataforma de pesaje: Largo: 125 cm, Ancho 128 cm.
 - Inclinado: Largo 127 cm, Ancho 128 cm.
 - Retención: Plataformas de 125 cm de largo por 24 cm de ancho.
 - Los rodillos son fabricados en acero, de 1 3/8 in de diámetro, calibre 18 y apoyados sobre vigas de tipo canal. Los rodillos pueden soportar hasta 100 Kg. de peso.

Figura 24. Transportador de rodillos.



- Celdas de carga, para regular el peso. De iguales características a las de las tolvas del mezclador. Conjunto Stabiflex, celdas marca Scaime, ref. F 60 x 200 C3 Se, 300 Kg.
- Estibas de dimensiones y forma especifica. Fabricadas en madera de cedro o roble. De dimensiones de 1.10 m por 1. 10 m, de 20 cm de alto, para ser utilizada por montacargas o transpaletas.

Figura 25. Estiba



- Transportador helicoidal flexible, de 3 mts de longitud, y con rata de consumo de 700 Kg/hr. Es decir del Tipo A-78, 88 mm de diámetro, 1140 rpm y 4.4 HP.

Una vista preliminar del sistema, se aprecia en la Figura 26 y 27.

Figura 26. Plataforma para Big Bags de Compuesto.

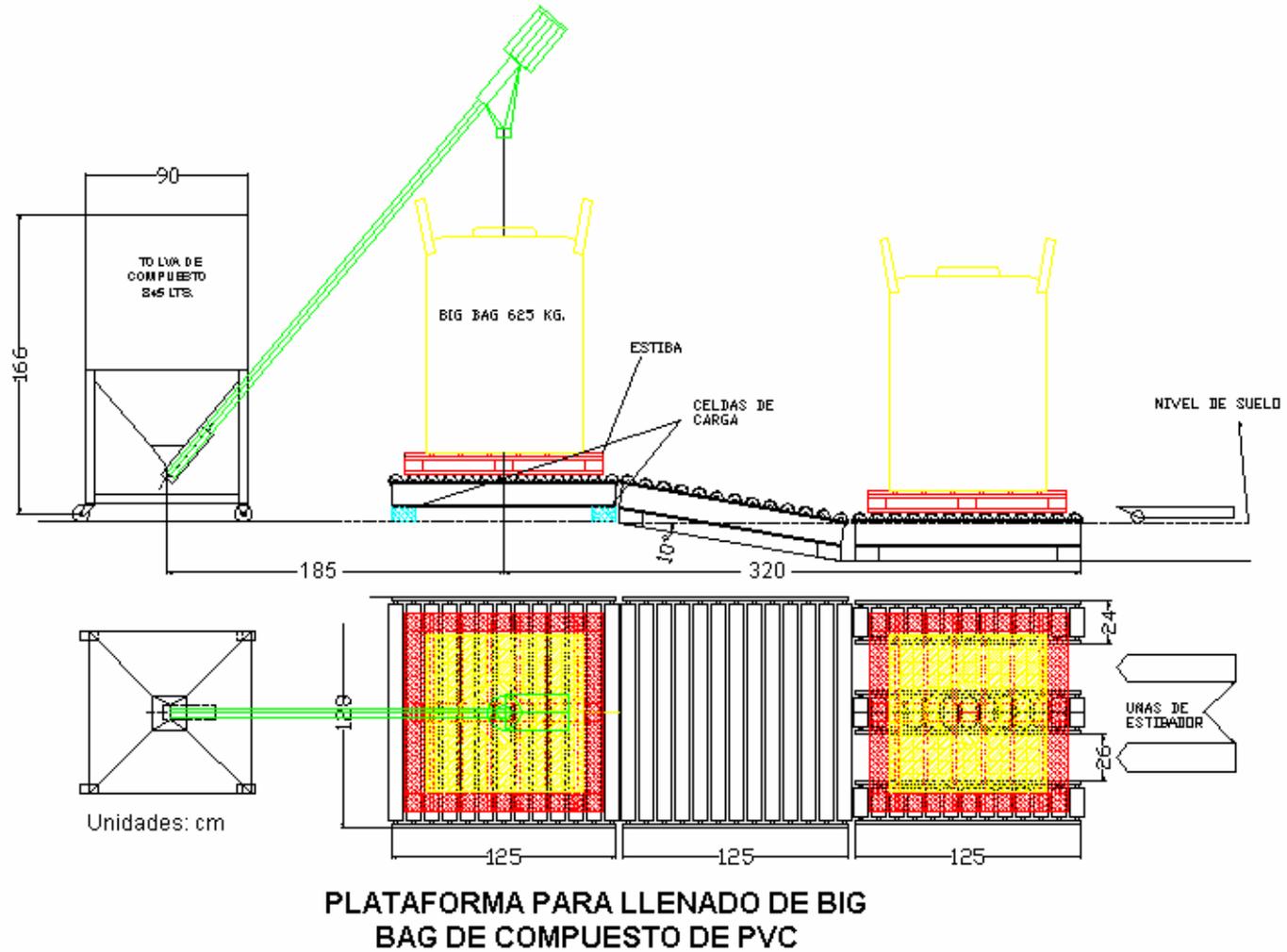
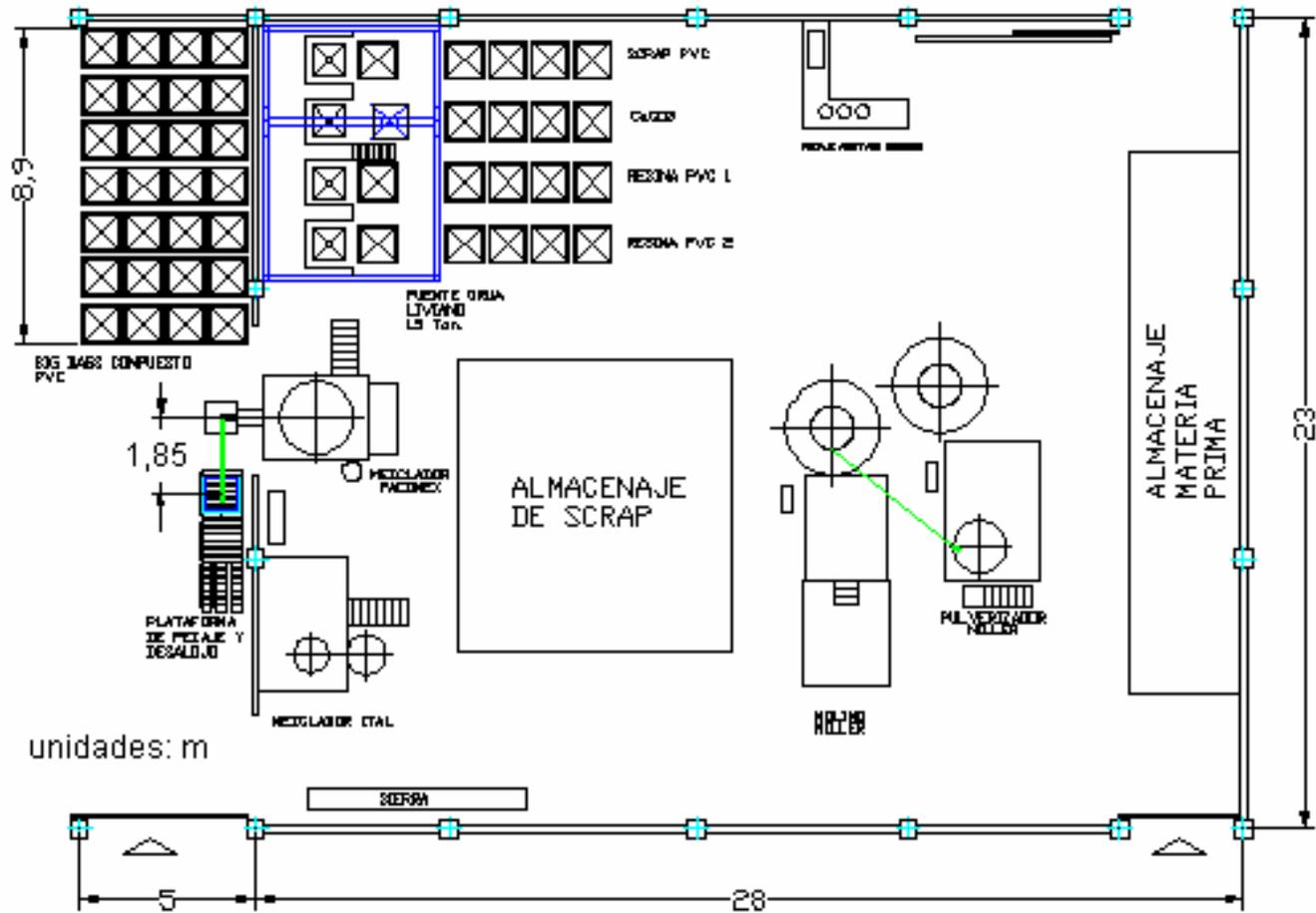


Figura 27. Planta de Compuesto.



PLANTA DE COMPUESTO DE PVC TUVINIL S.A.

7. MANEJO DE MATERIAL RECUPERADO DE PVC

El material recuperado o Scrap se obtiene en TUVINIL de la siguiente manera. Primero se toman los tramos de tubería que no cumplieron con los requisitos de calidad establecidos en la empresa, el operario tiene una plataforma donde va arrojando los tramos, este posee los elementos de seguridad adecuados para la labor, en especial la protección para la cara y la vista, pues a medida de que el comienza a arrojar trozos de tubo, el molino arroja unas pequeñas partículas a alta velocidad, que pueden causar lesiones seria si no se esta debidamente protegido.

El tubo entonces comienza a molerse, a medida de que esto va sucediendo las partículas pasan por un ciclón hasta llegar a una zaranda que es la que indica el tamaño de las partículas molidas por medio de un conjunto de mallas, si la partícula es demasiado grande retorna al molino para reducir su tamaño, si es del tamaño adecuado entonces se procede a descargarse y llenarse en sacos de 20 Kg., esta operación la realiza el mismo obrero.

Cuando se ha completado un lote, entonces el operario se dispone a trasladar las partículas recién molidas y las descarga en una tolva que se encuentra ubicada a la entrada del pulverizador. Seguidamente se da encendido al motor del pulverizador y comienzan a reducirse aun más el tamaño de los fragmentos de

tubo molidos. Los fragmentos pulverizados de tubería, pasan a un ciclón, y luego van cayendo en una tolva de piso que le sirve para ser alojados momentáneamente.

El operario cuando ha dejado de cargar el pulverizador con material de PVC molido, se dispone a evacuar todo el material que se ha molido, abre una válvula ubicada a la salida de la tolva y comienza a llenar sacos de 20 Kg.

Esta operación se va a eliminar, ya que se va a implementar un sistema de transporte que permita trasladar directamente desde la salida de la zaranda, el material molido a la entrada de la tolva del pulverizador, de esta forma el operario elimina las tareas de llenado de sacos de molido y descargue de este en el pulverizador. Y la otra labor que se va a modificar es que el material pulverizado se va a llenar en sacos de 625 Kg. Por lo que se debe modificar para permitir esta tarea.

En la Figura 28. Se observa las tres vistas principales de los equipos para recuperar el PVC de la tubería no conforme.

Las modificaciones que son necesarias para la implementación del transportador helicoidal, son muy simples.

Aumentar la altura de los dos elementos principales, como son la zaranda vibratoria que regula el tamaño de la partícula molida, es decir si esta es muy grande la hace recircular al molino para reducir su tamaño, y si tiene el tamaño adecuado (máx. 1 in) pasa a ser pulverizada.

La zaranda esta apoyada en una estructura graduable en altura, basta con subirle 20 cm, y se habilita el espacio necesario para acoplar el transportador helicoidal (su boca de entrada).

El otro elemento que se aumenta en altura es la tolva de paso de material recién pulverizado, aumentando 20 cm se permite acceder el big bag que se desea llenar (big bag de 625 Kg., 145 cm de alto) acoplándolo a su vez la garganta de llenado del saco con la boca de salida de la tolva.

Para sostener el big bag, se instalaran cuatro columnas, con un soporte especial que le permita sostener las orejas y de esta manera facilitar el llenado del saco.

El big bag estará apoyado sobre una estiba, de 110 cm por 110 cm, con lo cual se retirara el saco con ayuda de los carros pallets o transpaletas, hasta el sitio de almacenaje.

Para controlar el peso del saco, es necesario instalar una bascula a bajo nivel de suelo, esta bascula tendrá capacidad para censar hasta 1000 Kg., y consistirá en

cuatro celdas de 300 Kg. cada una (Stabiflex F60X 5e) instalados en las esquinas de la plataforma. Esta plataforma será fabricada en Lamina Alfajor, de calibre 1/8.

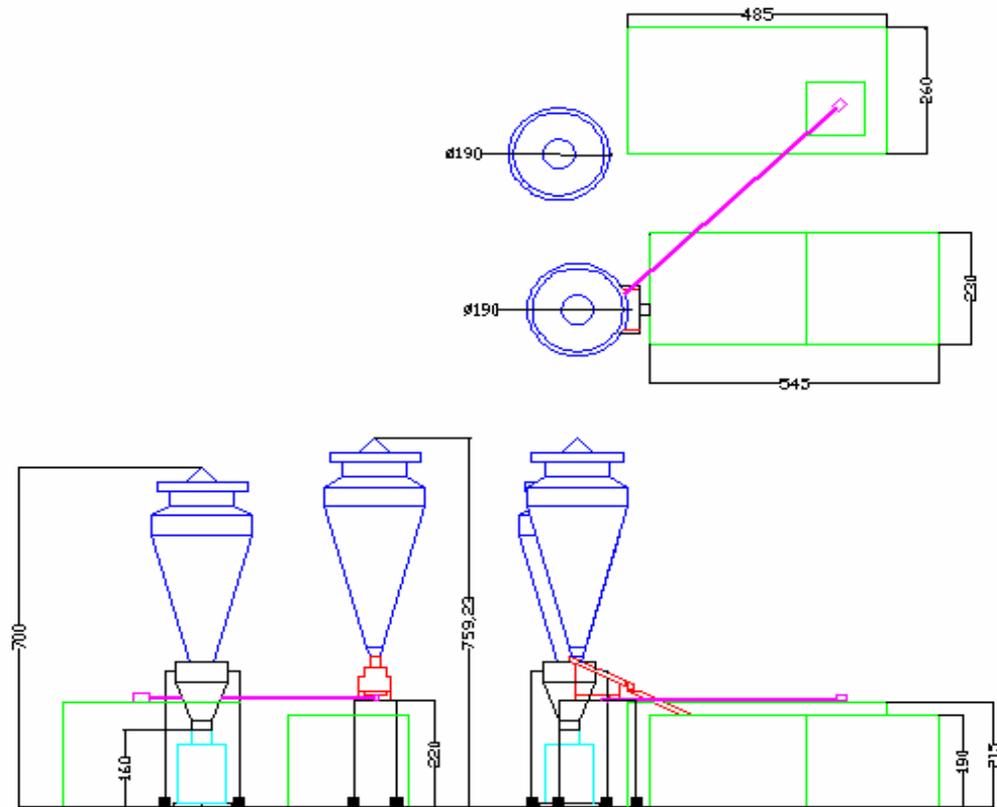
Un esquema del llenado y pesaje del saco se aprecia en las Figuras siguientes.

Figura 28. Pesaje de saco de Scrap de PVC.



El transportador helicoidal seleccionado, es de acuerdo al Cuadro 13. De la empresa DMI, el modelo seleccionado es el A-49, en vista de que la rata de producción promedio del conjunto molino-pulverizador es de 300 Kg/turno de 12 horas. La longitud de dicho transportador es de 6 metros.

Figura 29. Sistema de recuperación de PVC.



CONJUNTO MOLINO-PULVERIZADOR DE
TUBERIA DE PVC

8. OPERACIÓN Y MANEJO DE BIG BAGS EN LA PLANTA DE COMPUESTO DE PVC

Para el manejo y la operación de Big Bags dentro de la planta de PVC, se han ideado una serie de dispositivos adicionales con el fin de realizar una labor segura y optima.

Entre la serie de elementos escogidos, se encuentran los siguientes:

- Puente Grúa de 1.5 Toneladas, para la operación de descargue de sacos en las tolva vacía sacos. Este sistema mecánico, estará ubicado en la planta de compuesto de PVC, al lado del mezclador Pacomex.
- Estaciones Descarga Big Bags, cuatro en total, y ubicadas en la planta de compuesto de PVC. En la periferia del mezclador Pacomex.
- Plataforma para operación de cargue y descargue de sacos.

8.1 SISTEMA PUENTE GRÚA

Como se sabe, en la empresa TUVINIL S.A. se desea hacer un cambio en el manejo de la presentación de su materia prima más importante para la fabricación de compuesto de PVC. Esta presentación se conoce como supersacos o big bags, y que no son más que sacos grandes de polietileno de alta densidad, con

capacidades que oscilan entre 500 y 2000 Kg. En la planta se trabajaran las presentaciones de 500, 625 y 860 Kg. Que son las que se manejaran para alimentar a las tolvas de piso.

Para la selección del Puente Grúa, solo requerimos de tres dimensiones:

- Luz: Distancia entre los extremos, y que será recorrida por el polipasto. Para las características del proyecto, escogimos 5 m.
- Desplazamiento: Es la distancia que recorrerá la nave, y para las dimensiones se tomo como 7 m, ya que es el espacio justo que hay en la planta.
- Altura: Se tomo como máximo 4.0 m, en vista de las limitantes físicas, ya conocidas en la planta (techo muy bajo).

Para la selección de este equipo, se contó con la ayuda del Ingeniero Jairo Escalante, de la compañía Centro Aceros S.A., con sede en Sabaneta, Antioquia.

El puente grúa seleccionado, fue el siguiente:

- Puente Grúa Monoviga, con capacidad de carga de 1.6 Toneladas. Luz de 5 m, altura de 5 m, y recorrido de 7 m. Carro monorraíl. Testeros con placas de conexión y accionamientos de traslación. Armario de control de desplazamiento del puente-grúa.

- Sistema de arrastre de cables principales con material de fijación. Limitador de carrera de la traslación del puente grúa.
- Apoyos de 6 columnas, separación de 3.5 m.
- Diferencial eléctrico a cadena, Tipo SKC 80.22. Motor elevador en la clase de aislamiento F con larga duración de conexión
- Mecanismo de traslación motorizado FNV en altura extremadamente reducida.
- Mando de control inalámbrico control de radio frecuencia, Tipo TM60/1 Marca IKUSI.

Figura 30. Polipasto Tipo SKC 80.22



Figura 31. Puente Grúa de una viga portadora



8.2 PLATAFORMA PEATONAL PARA OPERACIÓN DE CARGUE Y DESCARGUE DE SACOS

Como las estaciones descarga sacos poseen un aditamento especialmente diseñado para el desplazamiento de los big bags, desde el suelo hasta cada estación, y en vista de que puede ser utilizado por montacargas o por polipasto, facilitara enormemente la operabilidad de los sacos por parte del trabajador.

Pero hay un inconveniente, y es el de que el operario puede enganchar y desenganchar las orejas a nivel de suelo, pero al estar montado a mas de 2.5

metros, es imposible, en vista a ello se hace necesario colocar una plataforma que le permita al operario soltar el gancho del polipasto del aro del aparejo soporta big bags; o engancharlo cuando se desee retirar el saco vacío.

Esta plataforma además, le ayudara al operario a colocar en el lugar exacto el Big Bag, ayudándose con el mando por radio frecuencia y a una distancia razonable de la estación, podrá operar con mas seguridad el puente grúa.

Esta plataforma, pues, consistirá de una serie de carriles que abrigaran las cuatro estaciones, estará provista de las protecciones necesarias, como son piso en alfajor, barandas que rodeen toda la plataforma, pintura anticorrosiva, escalera de acceso con su puerta de seguridad y una altura de nivel de suelo de acuerdo a la altura máxima de las estaciones.

La plataforma peatonal esta fabricada columna y vigas, en tubería tipo estructural PTS, y piso de lámina en alfajor calibre 5/8.

Para un mejor entendimiento, en la Figura 33. Se aprecia todo el conjunto del sistema de descargue de sacos, se aprecian el puente grúa, las estaciones descarga sacos, las tolvas de piso y la plataforma de operación.

Figura 32. Sistema para descargar Big Bags.

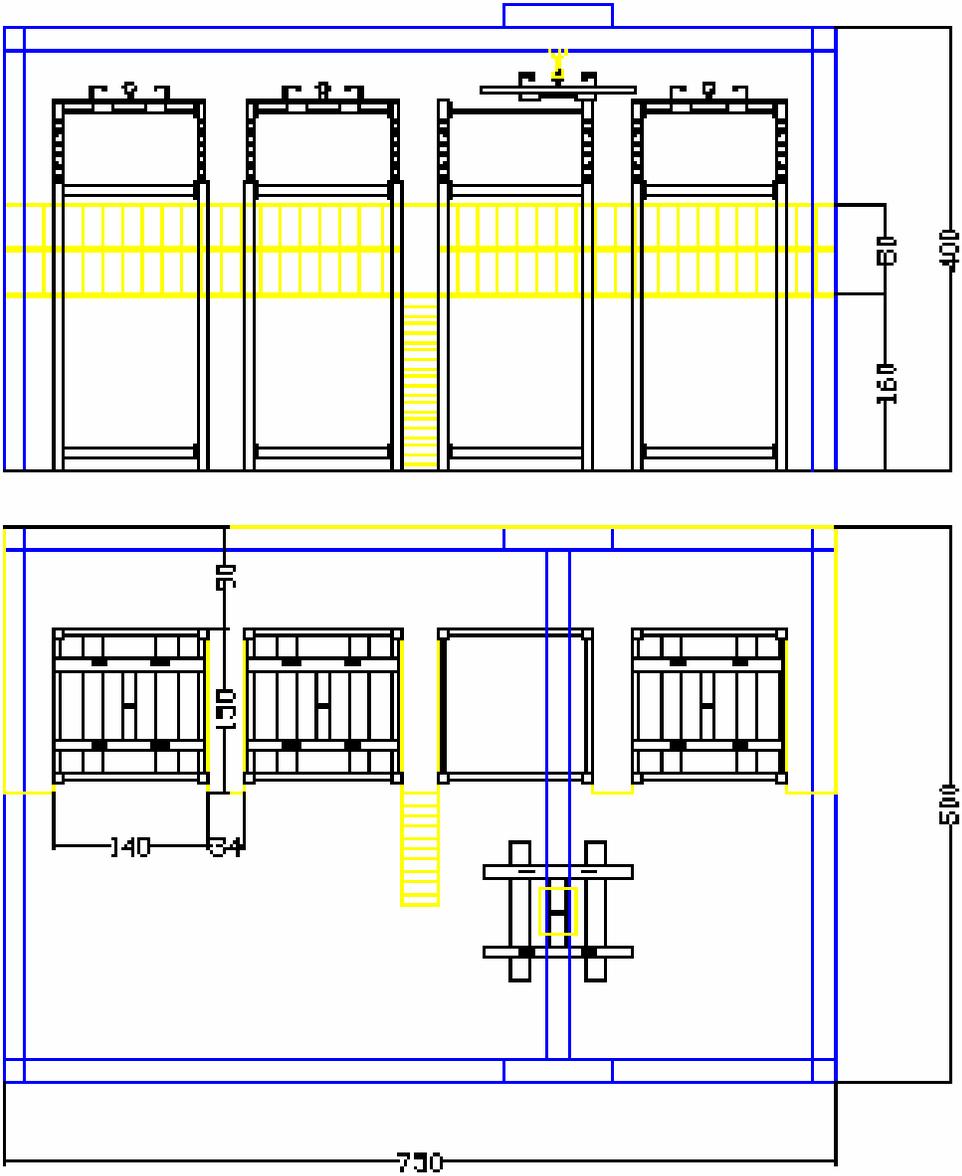
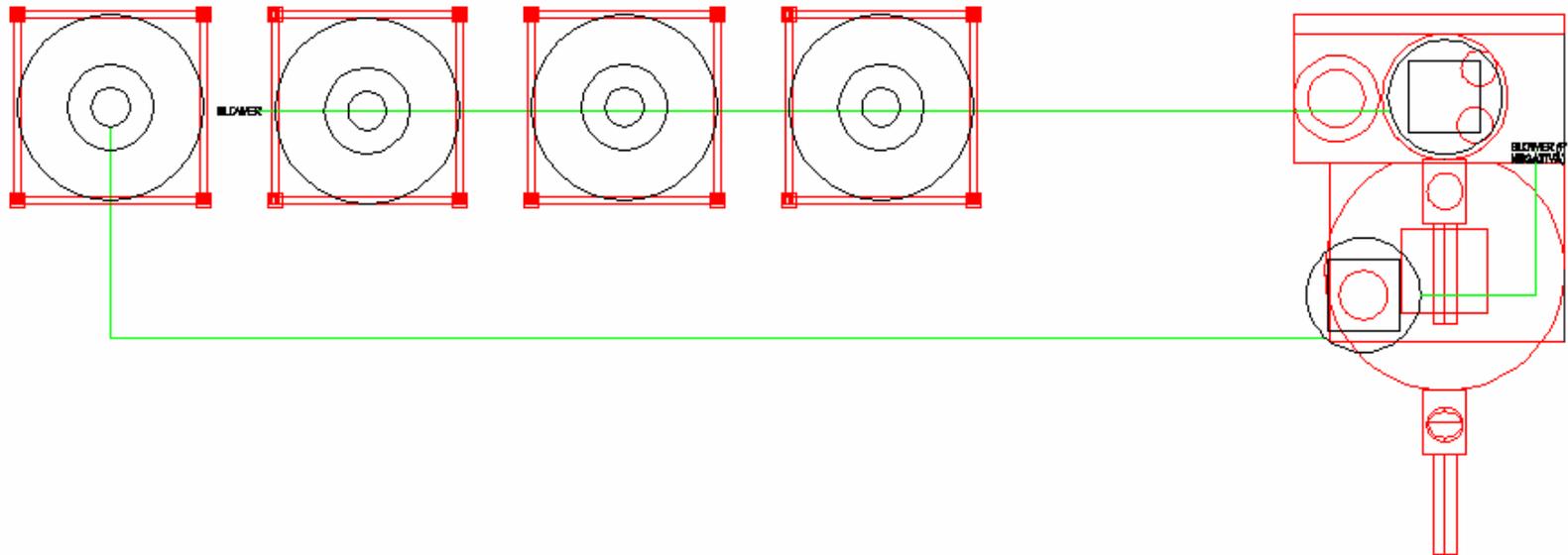


Figura 33. Vista Superior alimentación mezclador



9. EVALUACIÓN ECONÓMICA

9.1 INVERSIÓN

Cuadro 12. Presupuesto

PRESUPUESTO

PLANTA DE EXTRUSIÓN E INYECCIÓN			
Ítem	Cantidad	Valor unitario	Valor Total
TOLVAS MÓVILES	14	1.000.000	14.000.000
TRANSPORTADOR HELICOIDAL	5	2.850.000	14.250.000
DIFERENCIALES ELÉCTRICOS	2	5.500.000	11.000.000
Subtotal			39.250.000

CONJUNTO MOLINO / PULVERIZADOR			
Ítem	Cantidad	Valor unitario	Valor Total
TRANSPORTADOR HELICOIDAL	1	3.200.000	3.200.000
PLATAFORMA DE PESAJE	1	450.000	450.000
SUMADOR DE CELDAS	1	710.700	710.700
CELDA DE CARGA	4	954.500	3.818.000
Subtotal			8.178.700

MEZCLADOR DE PVC			
Ítem	Cantidad	Valor unitario	Valor Total
PGL	2	19.000.000	38.000.000
DESCARGA BIG BAGS	2	2.500.000	5.000.000
TOLVAS DE ALIMENTACIÓN	1	950.000	950.000
CELDA DE CARGA	6	954.500	5.727.000
VÁLVULAS DE FLUJO	2	6.500.000	13.000.000
SISTEMA FLUIDIFICADOR	1	4.452.000	4.452.000
VÁLVULAS ROTATIVAS	1	3.000.000	3.000.000
BLOWERS	2	12.000.000	24.000.000
TOLVA DE COMPUESTO	1	1.000.000	1.000.000
TRANSPORTADOR HELICOIDAL	1	2.850.000	2.850.000
PLATAFORMA DE RODILLOS	1	1.630.000	1.630.000
Subtotal			99.609.000

TOTAL			147.037.700
--------------	--	--	--------------------

El proceso metodológico de comparación, evaluación y decisión entre alternativas operacionales o proyectos de inversión, tiene que empezar por la caracterización de la situación en análisis para de allí definir las necesidades de información, hacer los modelos y supuestos requeridos, definir el tipo de criterio decisorio (maximización o minimización), para finalmente escoger la herramienta específica que mejor se adapta a la situación de análisis.

9.2 COMPARACIÓN ENTRE LAS DOS ALTERNATIVAS DE DISEÑO

En este proyecto de diseño, las dos alternativas seleccionadas producen los mismos beneficios durante cada periodo, esto origina el que no sean evaluados, ya que al ser iguales no modifican la decisión.

Al estudiar alternativas de igual servicio, la comparación se realiza en función de los egresos; y en general, se incluyen la inversión inicial de la alternativa, los costos de operación, mantenimiento, seguros y administración por periodos, y el valor de salvamento del equipo.

Esto produce que, generalmente, las comparaciones se hagan en términos de costos equivalentes, bien sean ellos presentes, anuales o futuros, y el criterio es minimizar los costos.

En este proyecto se tomara como criterio de decisión el costo presente equivalente (CPE).

9.2.1 Costos Iniciales. Para la evaluación económica de este proyecto se deben considerar básicamente los ahorros o mejor la disminución de los costos de materia prima adquirida.

Esta materia prima para la elaboración de compuesto de PVC la conforman básicamente la resina de PVC (78.125%), el Carbonato de Calcio (18.75%) y el resto en aditivos menores tales como pigmentos, aglutinantes, etc.

Con el Scrap de PVC, no se tiene en cuenta pues se obtiene de un proceso de reciclaje y varía de acuerdo a las cantidades de producto rechazado que se pueda obtener según el proceso de calidad de la empresa.

El costo promedio de un kilogramo de materia prima es de 1500 pesos, esto para presentaciones en sacos de 25 kilos. Al manejar Big Bags, se obtiene un ahorro de 30 pesos por kilogramo.

En Tuvinil S.A. mensualmente se consumen aproximadamente 460 toneladas de materia prima (solo la planta de PVC)

Los costos de operación y de mantenimiento permanecerán casi invariables en vista de que los regímenes de producción y mantenimiento de las plantas de extrusión e inyección permanecerán casi iguales.

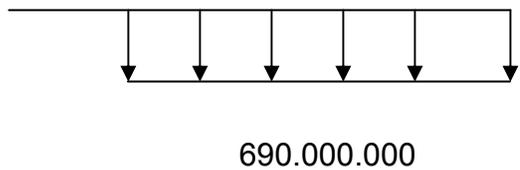
Como son alternativas que producen el mismo servicio e igual vida útil; tomamos.

Alternativa 1:

Costo Materia Prima = 690.000.000

Vida Servicio = 2 años (24 meses)

0 1 2 3 4 5 24 MESES



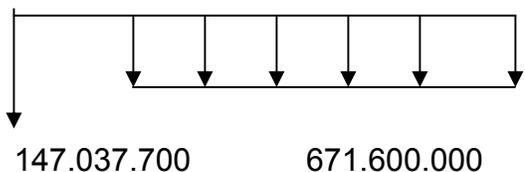
Alternativa 2:

Costo Materia Prima = 671.600.000

Vida Servicio = 2 años (24 meses)

Inversión = 147.037.700

0 1 2 3 4 5 24 MESES



La tasa de interés que se manejara es la siguiente:

$$I = 12 \% \text{ EA} = 0.95 \% \text{ EM}$$

Alternativa 1:

$$CPE_1 = 690000000(P/A, 0.95, 24)$$

$$CPE_1 = 690000000(21.3704)$$

$$CPE_1 = 14'745.576.000$$

Alternativa 2:

$$CPE_2 = 147037700 + 671600000(P/F, 0.95, 24)$$

$$CPE_2 = 147037700 + 671600000(21.3704)$$

$$CPE_2 = 14'499.398.340$$

Podemos observar que la alternativa 2, la de invertir en la actualización tecnológica del proceso resulta beneficiosa con respecto a la operación actual. La $CPE_2 < CPE_1$.

10. CONCLUSIONES

Podemos concluir de este proyecto básicamente que su objeto principal es la de optimizar el proceso de fabricación de compuesto de PVC, materia prima fundamental para la elaboración de tuberías y accesorios de PVC.

Para la planta de compuesto se obtiene un proceso actualizado tecnológicamente, la elaboración de las recetas o mejor la dosificación de los tres insumos principales se desarrollara en forma automática y controlada lógicamente.

Los operarios verán una disminución sustancial en el esfuerzo físico, en vista de que ya no moverán esos sacos de 20 o 25 kilogramos, se apoyaran con el puente grúa para mover los súper sacos.

Los materiales como carbonato, resina y Scrap de PVC no se pegaran a las paredes de las tolvas gracias a la función de los fluidificadores, que emitirán chorros de aire que facilitaran su flujo.

El pesaje de insumos y de compuesto terminado se realizara con ayuda de celdas de carga que regularan la cantidad exacta de peso de la formula.

Para la planta de pulverizado se optimizara el proceso y se hará de una manera mas rápida en vista de que se eliminan partes de proceso que lo hacen lento e

ineficiente, al igual que se regulara el peso de este para llevar un mejor control para las labores de almacenaje y manejo de productos reciclados.

Para las plantas de extrusión e inyección de PVC, se utilizaran sistemas de alimentación por tornillo flexible y tolvas móviles, de esta forma el operario puede dedicarle mas control al proceso de elaboración de tuberías y accesorios, en vista de que con el manejo de tolvas con mas de 400 kilos de material no utiliza tanto tiempo en la labor de búsqueda de sacos de 20 kilogramos cargados sobre estibas que a su vez debía descargar en las tolvas de alimentación de las maquinas, de ahora en adelante pueden tener intervalos de 1 a 2.5 horas (según la rata de producción de cada maquina) sin tener que alimentar la maquina de material.

Reducción de costos de producción, en vista de que la materia prima se conseguirá a precios más bajos y no se desperdiciara tanto material como se hace actualmente.

BIBLIOGRAFÍA

CHASE, George G. Solid Notes. Capitulo 13. University of Akron. 2001. Pág. 1-11.

ERNST, Hellmunt. Aparatos de Elevación y Transporte. Tomo 2. Tornos y grúas. Editorial Blume. Barcelona, España. 1969. Pág. 80-149.

FAIRES, Virgil M. Diseño de elementos de maquinas. 1ª Edición en Español. México. Editorial Limusa S.A.1992. p. 523, 571.

JENSEN, C. H. Dibujo y diseño de ingeniería. México. Mc Graw-Hill. Latinoamericana. 1973

McCABES, Smith. Operaciones Básicas de Ingeniería Química. México: Reverte S.A. Pagina 884-898.

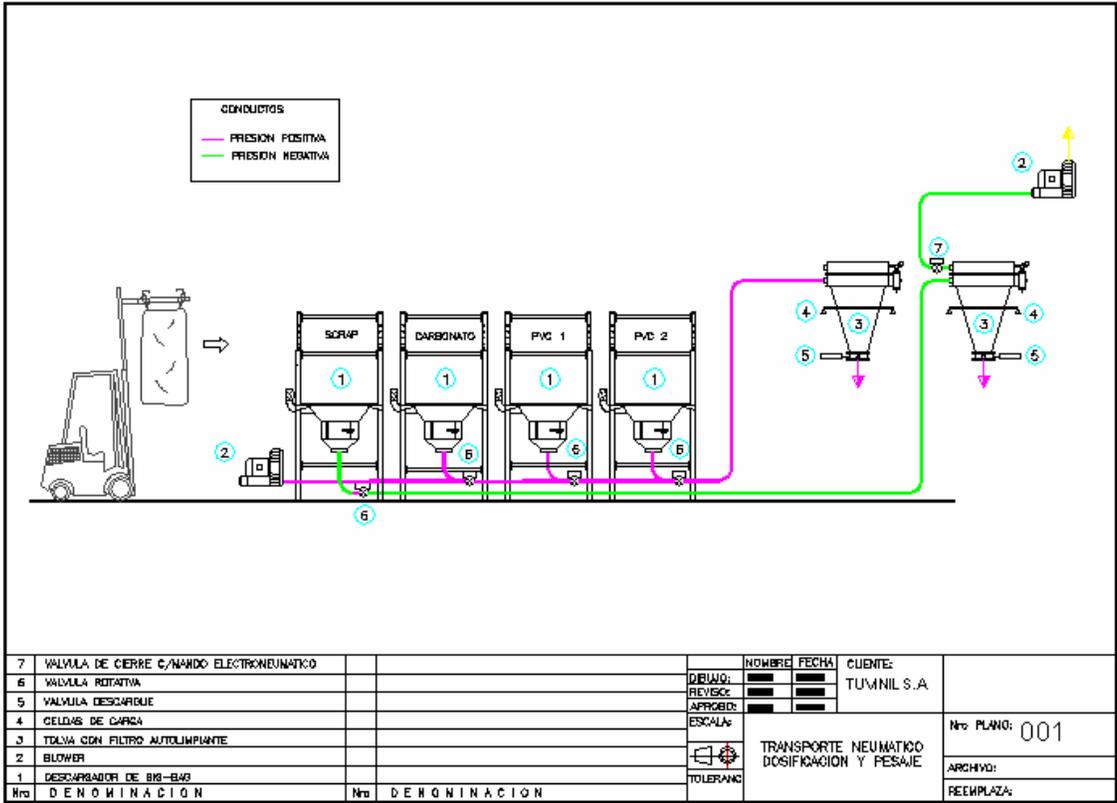
MARKS, Lionel S. Manual del Ingeniero Mecánico: Mac Graw Hill. Tomo I, II. Pág. 83-92.

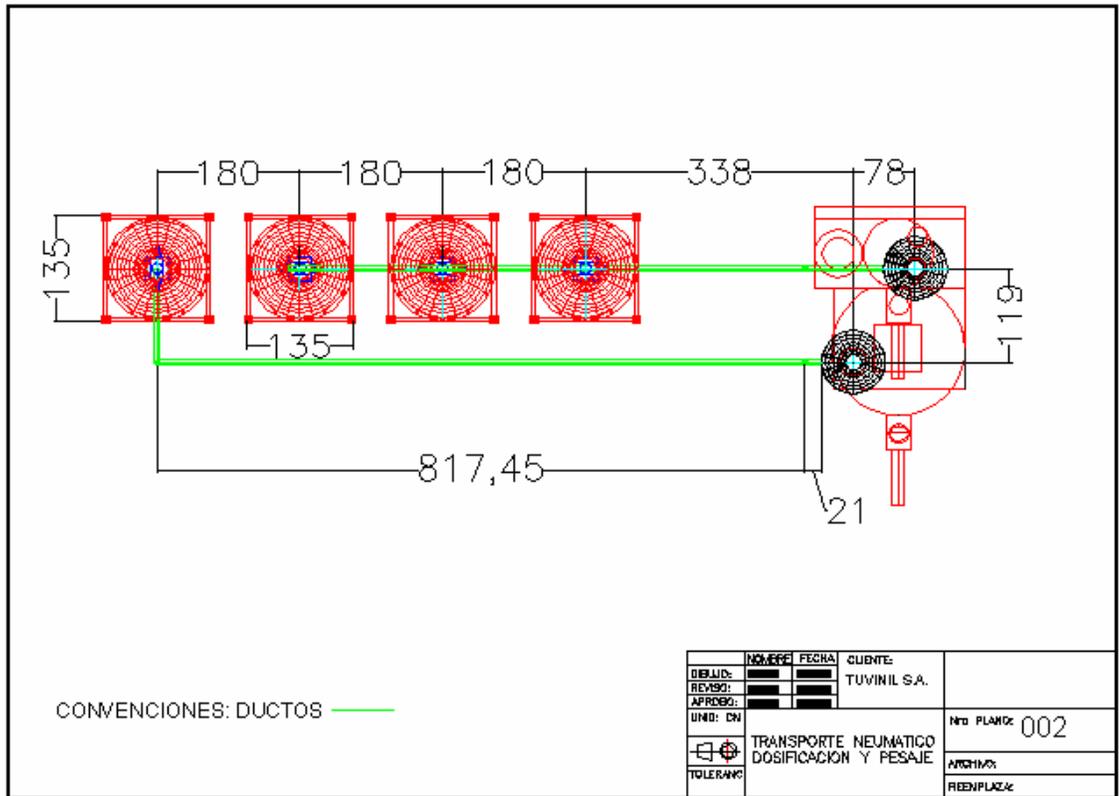
PERRY. Manual del Ingeniero Químico. México: Mac Graw Hill. Tomo II. Pág. 57-75.

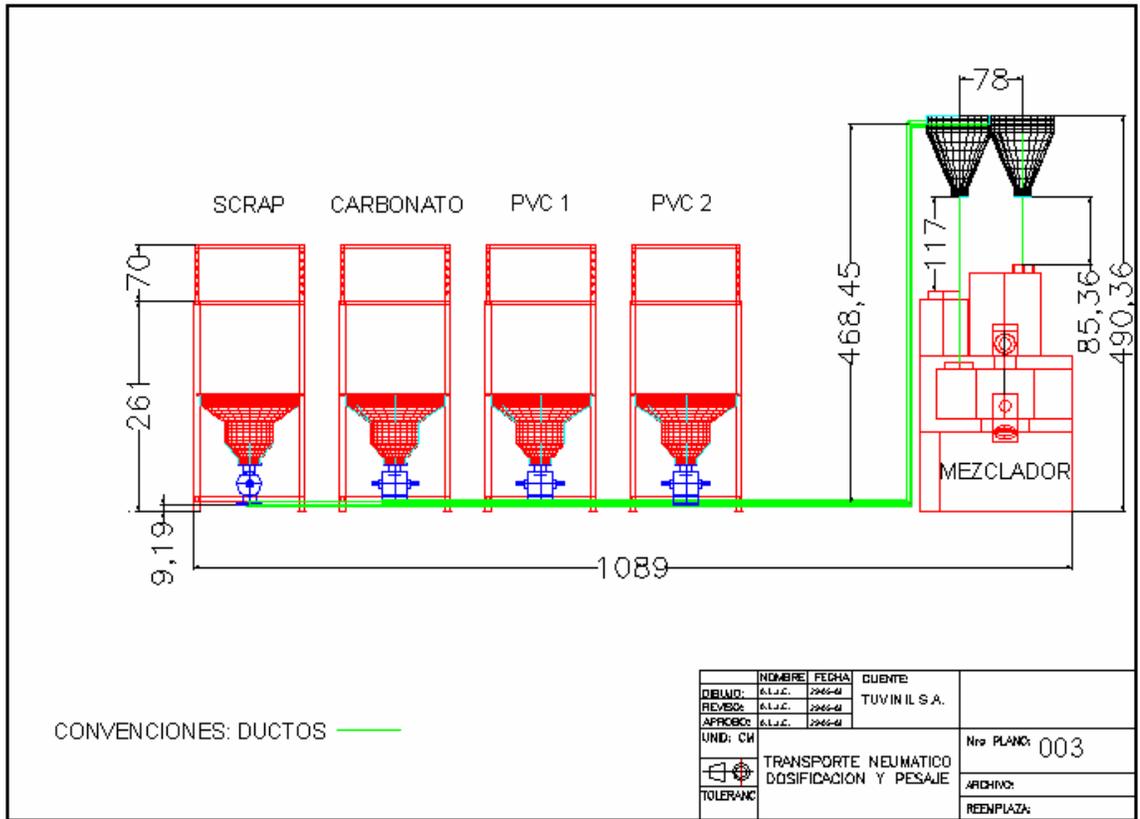
VARELA, Rodrigo. Evaluación económica de inversiones. Colombia: Norma, 1993. Página 151-153.

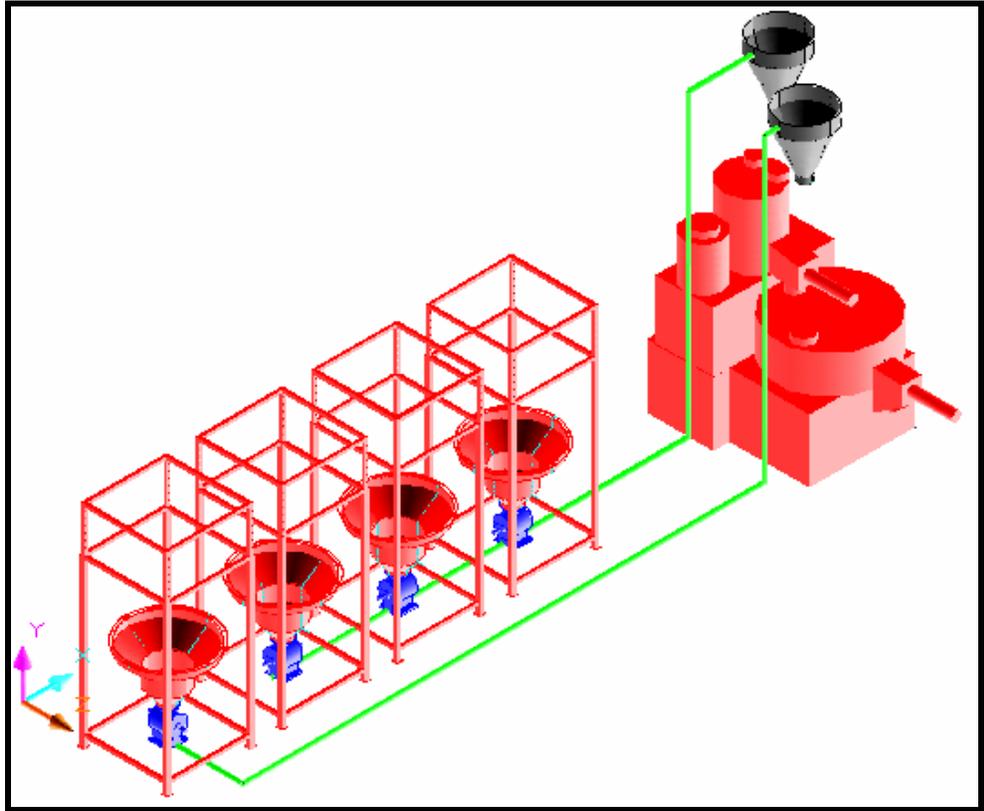
ANEXOS

ANEXO A. Planos del Sistema de Alimentación al Mezclador









ANEXO B. Sistema de Puente Grúa y Polipasto



Juegos para grúas

Juegos de componentes para puentes-grúa

Aplicación

El paquete completo de juegos de componentes para puentes-grúa:

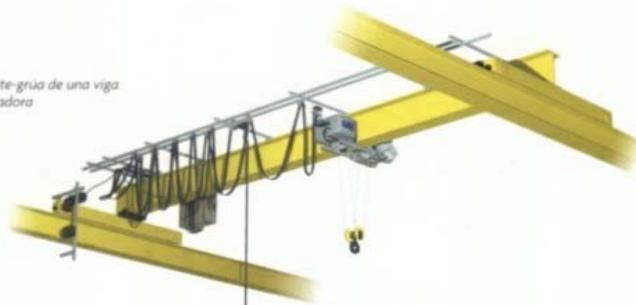
- Puentes-grúa de una viga portante
- Puentes-grúa de dos vigas portantes
- Puentes-grúa bajo techo de una viga portante

Volumen de entrega

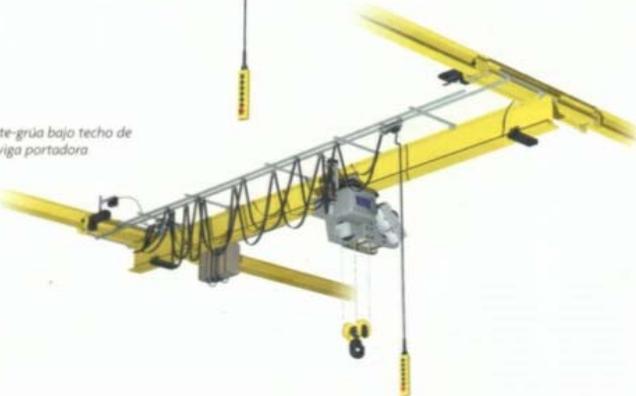
Para puente-grúa de una viga portadora estándar:

- Carro monorraíl como polipasto a cable o a cadena
- Testero con placas de conexión y accionamientos de traslación
- Armario de control de desplazamiento del puente-grúa
- Mando desde el suelo desplazable libremente
- Sistema de arrastre de cables principales y de mando, incluyendo material de fijación
- Limitador de carrera de la traslación del puente-grúa
- Conexiones por empalmadores enchufables

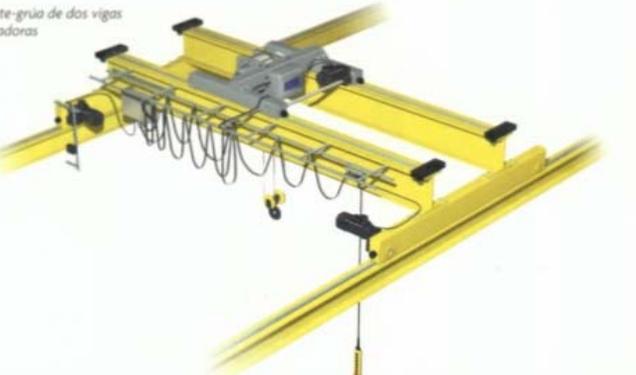
Puente-grúa de una viga portadora

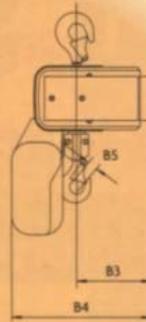
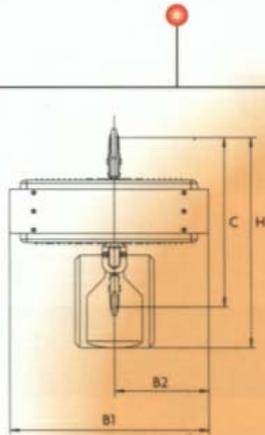


Puente-grúa bajo techo de una viga portadora



Puente-grúa de dos vigas portadoras





Tipo	B1 (mm)	B2 (mm)	B3 1 str. (mm)	B3 2 str. (mm)	B4 (mm)	B5 1 str. (mm)	B5 2 str. (mm)	C 1 str. (mm)	C 2 str. (mm)	H (mm)
SKCx	278	120	68	83	235	24	24	310	334	312
SKA	422	199	91	112	300	18	22	366	416	455
SKB	422	199	91	112	300	18	22	366	416	455
SKC	504	260	116	145	405	22	35	448	509	575
SKD	518	313	147	196	469	37	43	558	658	774
SKE	518	313	147	196	469	43	47	589	698	774
SKF	518	313	147	196	469	43	47	589	698	774

Tipo	Carga (kg)	Cadena (mm)	FEM	Velocidad de elevación (m/min.)	Número de ramales	Motor elevador (kW)
1 SKCx 80.12	125	3 x 9	18m	8/2	1	0,2/0,05
1 SKA 82.12	125	4,8 x 12,7	2m	8/2	1	0,8/0,2
2 SKCx 80.22	250	3 x 9	18m	4/1	2	0,2/0,05
2 SKA 80.12	250	4,8 x 12,7	18m	8/2	1	0,8/0,2
5 SKA 80.22	500	4,8 x 12,7	18m	4/1	2	0,8/0,2
5 SKC 160.12	500	6,8 x 17,8	18m	16/4	1	1,7/0,4
5 SKB 82.22	500	4,8 x 12,7	2m	4/1	2	0,8/0,2
10 SKB 80.22	1.000	4,8 x 12,7	18m	4/1	2	0,8/0,2
10 SKC 80.12	1.000	6,8 x 17,8	18m	8/2	1	1,7/0,4
16 SKC 80.22	1.600	6,8 x 17,8	18m	4/1	2	1,7/0,4
20 SKC 80.22	2.000	6,8 x 17,8	18m	4/1	2	1,7/0,4
20 SKD 82.22	2.000	9 x 27	2m	4/1	2	3,5/0,9
25 SKD 80.22	2.500	9 x 27	18m	4/1	2	3,5/0,9
25 SKE 82.22	2.500	11,3 x 31	2m	4/1	2	3,5/0,9
32 SKF 62.22	3.200	11,3 x 31	2m	3,2/0,75	2	3,5/0,9
32 SKD 80.22	3.200	9 x 27	18m	4/1	2	3,5/0,9
40 SKE 80.22	4.000	11,3 x 31	18m	4/1	2	3,5/0,9
50 SKF 60.22	5.000	11,3 x 31	18m	3,2/0,75	2	3,5/0,9

Solicite por favor nuestras hojas de dimensiones detalladas para la serie completa.



RadioMaster

(Opción)

Alternativamente al interruptor de mando clásico con unión por cable existe como opción el radiotelemando "RadioMaster" de SWF.

Equipamiento estándar

Los polipastos eléctricos a cadena se suministran completamente montados para el uso inmediato.

- Dos años de garantía
- Dos velocidades de elevación como estándar
- Freno de disco y embrague con limitador de par dimensionados de por vida
- Motor elevador en la clase de aislamiento F con larga duración de conexión; DC 40 %
- Cadena de carga galvanizada
- Opcionalmente en FEM 18m o FEM 2m
- Máxima seguridad mediante mando por contactores estándar (48 V)
- Interruptor de mando con pulsadores grandes y botón de desconexión de emergencia
- Tipo de protección IP55
- Carcasa compacta de aluminio de bajo peso
- Recubrimiento de polvo sinterizado
- Mecanismo de traslación manual
- Mecanismo de traslación motorizado de dos velocidades, o también con mando graduable

ANEXO C. Blowers



Pressure Performance Data for air at Standard Conditions: Sea Level 14.7 PSIA, 68 F Inlet Temperature, 36% Relative Humidity. For performance with gases other than air, or at non-standard conditions, contact your authorized Sutorbilt Distributor. To view a PDF file showing the actual performance curve for any blower, click on that size.

LOW PRESSURE UNITS																
Size	Dia Inlet Outlet	Displ. Cu. Ft. Rev.	RPM	2 PSIG		3 PSIG		4 PSIG		5 PSIG		6 PSIG		7 PSIG		
				CFM	BHP											
2LP 2LVP	2" -S	0.035	2800	76	1.1	71	1.6	55	2.1	63	2.5	59	3.0	56	3.5	
			3250	91	1.3	86	1.8	82	2.4	78	2.9	75	3.4	72	4.0	
			3560	102	1.4	97	2.0	93	2.6	89	3.2	86	3.7	83	4.3	
			5275	162	2.0	157	2.8	153	3.7	149	4.6	146	5.3	143	6.1	
3LP 3LVP	2.5" -S	0.104	1760	149	1.9	142	2.8	135	3.7	129	4.5	124	5.2	120	6.1	
			2265	202	2.4	194	3.5	188	4.7	182	5.6	177	6.7	172	7.8	
			2770	254	2.9	247	4.3	240	5.5	235	6.8	229	8.2	225	9.6	
			3600	341	3.7	333	5.3	326	7.1	321	8.9	316	10.6	311	12.4	
4LP 4LVP	3" -S	0.710	1760	253	3.0	243	4.5	234	5.7	226	7.1	220	8.5	213	9.9	
			2190	326	3.7	316	5.3	307	7.1	300	8.8	293	10.6	286	12.4	
			2620	399	4.4	389	6.3	380	8.4	373	10.6	366	12.7	359	14.8	
			3600	566	5.8	556	8.7	547	11.6	539	14.5	532	17.4	526	20.3	
5LP 5LVP	4" -S	0.350	1500	463	5.2	449	7.5	437	10.0	427	12.4	418	14.9	409	17.4	
			1760	554	5.8	540	8.8	528	11.7	518	14.6	509	17.5	500	20.4	
			2100	673	7.0	659	10.5	647	13.9	637	17.4	628	20.9	619	24.4	
			2850	936	9.5	922	14.2	910	18.9	900	23.6	890	28.4	882	33.1	
6LP 6LVP	6" -F	0.718	1170	738	8.0	715	11.9	696	15.9	679	19.9	664	23.9	650	27.9	
			1760	1162	12.0	1139	18.0	1120	24.0	1103	29.9	1088	35.9	1073	41.9	
			1930	1284	13.1	1261	19.7	1242	26.3	1225	32.8	1210	39.4	1195	46.0	
			2350	1586	16.0	1563	24.0	1543	32.0	1526	40.0	1511	48.0	1497	56.0	
7LP 7LVP	8" -F	1.200	1170	1277	13.3	1248	20.0	1224	26.6	1202	33.3	1183	39.9			
			1465	1631	16.7	1602	25.0	1578	33.3	1556	41.7	1537	50.0			
			1760	1985	20.0	1956	30.0	1932	40.0	1910	50.1	1891	60.1			
			2050	2333	23.3	2304	35.0	2280	46.6	2258	58.3	2239	70.0			
8LP 8LVP	10" -F	1.740	880	1366	14.5	1329	21.8	1298	29.0	1270	36.3	1245	43.5			
			1170	1871	19.3	1834	28.9	1802	38.6	1775	48.2	1750	57.9			
			1375	2227	22.7	2190	34.0	2159	45.4	2131	56.7	2106	68.0			
			1800	2967	29.7	2930	44.5	2898	59.4	2871	74.2	2846	89.1			

MEDIUM PRESSURE UNITS																
Size	Dia Inlet Outlet	Displ. Cu. Ft. Rev.	RPM	7 PSIG		9 PSIG		10 PSIG		12 PSIG		13 PSIG		14 PSIG		
				CFM	BHP	CFM	BHP	CFM	BHP	CFM	BHP	CFM	BHP	CFM	BHP	
2MP 2MVP	1" -S	0.017	2800	25	1.7											
			3250	33	1.9	30	2.5									
			3560	38	2.1	35	2.7									
			5275	67	3.1	64	3.9	63	4.4	60	5.1					
3MP 3MVP	2" -S	0.060	1760	64	3.6	59	4.6									
			2265	95	4.6	89	5.8	86	6.4							
			2770	125	5.5	119	7.1	117	7.9	112	9.5					
			3600	175	7.2	169	9.2	167	10.2	162	12.3					
4MP 4MVP	2.5" -S	0.117	1760	144	6.8	136	8.8	132	9.8							
			2190	194	8.5	186	10.9	182	12.1							
			2620	245	10.2	236	13.1	232	14.5							
			3600	359	14.0	351	18.0	347	20.0							
5MP 5MVP	4" -S	0.210	1500	237	10.5	227	13.4	222	14.9	213	17.9	209	19.4			
			1760	292	12.3	281	15.8	276	17.5	268	21.0	263	22.8			
			2100	363	14.6	353	18.8	348	20.9	339	25.1	335	27.2			
			2850	521	19.9	510	25.5	505	28.4	496	34.0	492	36.9			
6MP 6MVP	5" -S	0.383	1170	331	14.9	316	19.1	309	21.2	295	25.5	289	27.6	283	29.7	
			1760	557	22.4	542	28.8	535	32.0	521	38.3	515	41.5	509	44.7	
			1930	622	24.5	607	31.5	600	35.0	586	42.0	580	45.5	574	49.1	
			2350	783	29.9	768	38.4	761	42.7	747	51.2	741	55.5	735	59.7	
7MP 7MVP	6" -F	0.733	1170	693	28.5	670	36.6	660	40.7							
			1465	909	35.6	887	45.8	877	50.9							
			1760	1125	42.8	1103	55.0	1093	61.1							
			2050	1338	49.9	1315	64.1	1305	71.2							
8MP 8MVP	8" -F	1.040	880	709	30.4	681	39.0	668	43.4							
			1170	1010	40.4	982	51.9	970	57.7							
			1375	1223	47.4	1196	61.0	1183	67.8							
			1800	1665	62.1	1638	79.9	1625	88.7							
HIGH PRESSURE UNITS																
Size	Dia Inlet Outlet	Displ. Cu. Ft. Rev.	RPM	7 PSIG		8 PSIG		9 PSIG		11 PSIG		13 PSIG		15 PSIG		
				CFM	BHP	CFM	BHP	CFM	BHP	CFM	BHP	CFM	BHP	CFM	BHP	
3HP 3HVP	1.25" -S	0.045	1760	46	2.8	44	3.2									
			2265	69	3.6	66	4.1	64	4.5							
			2770	91	4.3	89	4.9	787	5.3	83	6.5					
			3600	129	5.4	126	6.1	124	6.9	120	8.4	116	10.0	113	11.5	
4HP 4HVP	1.5" -S	0.069	1760	80	4.2	77	4.8	74	5.2							
			2190	110	5.0	107	5.7	104	69.4	99	7.9					

			2620	139	6.0	136	6.9	134	7.7	129	9.4		15.3	188	17.7
			3600	207	8.2	204	9.4	201	10.6	196	13.0	192	15.3	188	17.7
5HP 5HVP	2.5" -S	0.140	1500	154	7.0	151	8.0	147	9.0	140	10.9		15.2	165	17.5
			1760	191	8.2	187	9.3	183	10.5	177	12.8	171	15.2	165	17.5
			2100	238	9.8	235	11.1	231	12.5	224	15.3	218	18.1	213	20.9
			2850	343	13.2	340	15.1	336	17.0	329	20.8	323	24.6	318	28.4
6HP 6HVP	3" -S	0.227	1170	187	8.8	182	10.1	177	11.3	168	13.8	159	16.4		
			1760	321	13.3	316	15.1	311	17.0	301	20.8	293	24.6	285	28.4
			1930	360	14.5	355	16.6	349	18.7	340	22.8	332	27.0	324	31.1
			2350	455	17.7	450	20.2	445	22.8	435	27.8	427	32.9	419	37.9
7HP 7HVP	4" -S	0.367	1170	332	14.2	325	16.3	319	18.3	307	22.4	297	26.5	287	30.5
			1465	440	17.8	434	20.4	427	22.9	416	28.0	405	33.1	395	38.2
			1760	549	21.4	542	24.5	536	27.6	524	33.7	513	39.8	504	45.9
			2050	655	25.0	648	28.5	642	32.1	630	39.2	620	46.4	610	53.5
8HP 8HVP	4" -S	0.566	880	363	16.5	354	18.9	345	21.2	329	26.0	314	30.7	300	35.4
			1170	527	22.0	518	25.1	509	28.3	493	34.5	478	40.8	465	47.1
			1375	643	25.8	634	29.5	625	33.2	609	40.6	594	48.0	581	55.3
			1800	884	33.8	874	38.6	866	43.5	850	53.1	835	62.8	821	72.4

Vacuum Performance Data for air at Standard Conditions: Sea Level 14.7 PSIA, 68 F Inlet Temperature, 36% Relative Humidity. For performance with gases other than air, or at non-standard conditions, contact your Sutorbilt distributor. To view a PDF file showing the actual performance curve for any blower, click on that size.

LOW VACUUM UNITS																	
Size	Dia Inlet Outlet	Displ. Cu. Ft. Rev.	RPM	2" HG		4" HG		8" HG		10" HG		12" HG		14" HG			
				CFM	BHP	CFM	BHP	CFM	BHP	CFM	BHP	CFM	BHP	CFM	BHP		
2LP 2LVP	2" -S	0.035	2800	82	0.7	74	1.1	61	2.0	55	2.5						
			3250	98	0.7	90	1.3	77	2.3	71	2.8	64	3.4				
			3560	109	0.8	101	1.4	88	2.5	82	3.1	75	3.7				
			4165	130	0.9	122	1.6	109	2.9	103	3.6	96	4.3				
			5275	168	1.1	161	1.9	148	3.6	142	4.5	135	5.2	128	6.0		
3LP 3LVP	2.5" -S	0.104	1760	158	1.1	147	1.9	128	3.6	118	4.5	108	5.1				
			2265	211	1.3	199	2.4	180	4.6	170	5.5	160	6.6				
			2770	263	1.5	252	2.9	233	5.4	223	6.7	213	8.0				
			3600	350	1.9	338	3.7	319	7.0	309	8.7	299	10.5	288	12.2		
4LP 4LVP	3" -S	0.710	1760	266	1.6	250	3.0	224	5.6	211	7.0	197	8.4				
			2190	339	1.9	323	3.7	297	6.9	284	8.7	270	10.4				
			2620	412	2.3	396	4.3	370	8.3	357	10.4	343	12.4	328	14.5		
			3600	579	3.0	563	5.7	537	11.4	524	14.2	510	17.1	495	19.9		
5LP 5LVP	4" -S	0.350	1500	480	2.6	459	5.1	423	9.8	406	12.2	387	14.7				
			1760	571	3.1	550	5.7	514	11.5	497	14.3	478	17.2	458	20.1		
			2100	690	3.6	669	6.8	633	13.7	616	17.1	597	20.5	577	24.0		

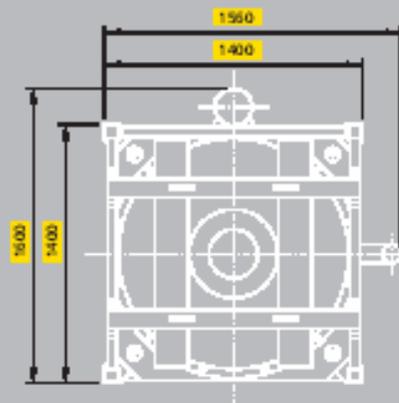
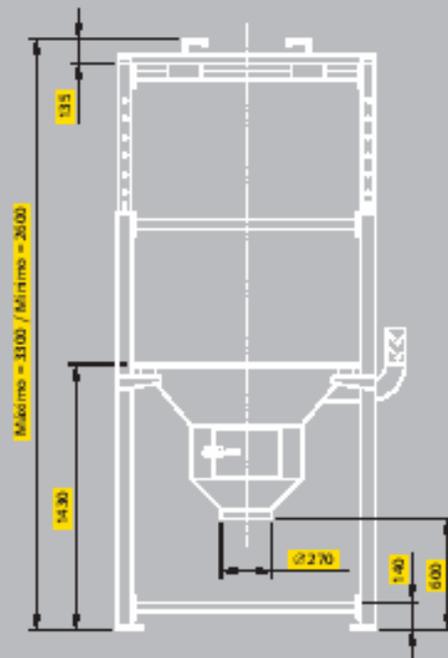
			2850	953	4.8	931	9.3	896	18.6	878	23.2	860	27.9	840	32.5
6LP 6LVP	6" -F	0.718	1170	766	4.1	732	7.8	673	15.6	645	19.6	614	23.5		
			1760	1190	5.9	1155	11.8	1097	23.5	1068	29.4	1038	35.3	1005	41.2
			1930	1312	6.5	1277	12.9	1219	25.8	1190	32.3	1160	38.7	1127	45.2
			2350	1614	7.9	1579	15.7	1521	31.4	1492	39.3	1461	47.1	1428	55.0
7LP 7LVP	8" -F	1.200	1170	1311	6.5	1268	13.1	1195	26.2	1159	32.7	1121	39.2		
			1465	1665	8.2	1622	16.4	1549	32.7	1513	40.9	1475	49.1		
			1760	2019	9.8	1976	19.7	1903	39.3	1867	49.2	1829	59.0		
			2050	2367	11.5	2324	22.9	2251	45.8	2215	57.3	2177	68.7		
8LP 8LVP	10" -F	1.740	880	1411	7.1	1355	14.3	1261	28.5	1214	35.7	1164	42.8		
			1170	1916	9.5	1860	19.0	1765	37.9	1718	47.4	1669	56.9		
			1375	2273	11.1	2217	22.3	2122	44.6	2075	55.7	2026	66.8		
			1800	3012	14.6	2956	29.2	2861	58.3	2815	72.9	2765	87.5		

MEDIUM VACUUM UNITS

Size	Dia Inlet Outlet	Displ. Cu. Ft. Rev.	RPM	6" HG		10" HG		12" HG		14" HG		15" HG		16" HG					
				CFM	BHP	CFM	BHP	CFM	BHP	CFM	BHP	CFM	BHP	CFM	BHP				
2MP 2MVP	1" -S	0.017	2800	31	0.8	24	1.2												
			3250	39	0.9	32	1.4												
			3560	44	0.9	37	1.5	34	1.8										
			5275	54	1.1	48	1.7	44	2.1	40	2.4								
				73	1.4	67	2.2	63	2.6	59	3.0	5.7	3.2						
3MP 3MVP	2" -S	0.060	1760	76	1.6	63	2.6	57	3.1										
			2265	106	2.0	93	3.3	87	3.9										
			2770	136	2.4	124	4.0	117	4.7	110	5.4								
			3600	186	3.1	174	5.0	167	6.0	160	7.0	156	7.5						
4MP 4MVP	2.5" -S	0.117	1760	161	3.0	142	4.9	132	5.8										
			2190	211	3.7	193	6.0	183	7.2										
			2620	262	4.4	243	7.1	233	8.6	222	10.0								
			3600	376	5.9	357	9.8	348	11.8	337	13.7	331	14.7	325	15.7				
5MP 5MVP	4" -S	0.210	1500	258	4.5	235	7.3	223	8.8	209	10.3								
			1760	313	5.2	290	8.6	277	10.3	264	12.0								
			2100	384	6.2	361	10.3	349	12.3	335	14.4	328	15.4						
			2850	542	8.4	518	13.9	506	16.7	492	19.5	485	20.9	477	22.3				
6MP 6MVP	5" -S	0.383	1170	363	6.3	328	10.4	310	12.5	289	14.6	278	15.6	266	16.7				
			1760	589	9.4	554	15.7	536	18.8	515	22.0	504	23.5	492	25.1				
			1930	654	10.3	619	17.2	601	20.7	580	24.1	569	25.8	558	27.5				
			2350	815	12.6	780	21.0	762	25.1	741	29.3	730	31.4	718	33.5				
7MP 7MVP	6" -F	0.733	1170	738	12.0	688	20.0	662	24.0	633	28.0	617	30.0	601	31.9				
			1465	954	15.0	904	25.0	878	30.0	849	35.0	834	37.5	817	40.0				
			1760	1170	18.0	1120	30.0	1094	36.0	1065	42.1	1050	45.1	1033	48.1				
			2050	1383	21.0	1333	35.0	1307	42.0	1278	49.0	1262	52.5	1246	56.0				
8MP	8"	1.040	880	765	12.8	703	21.3	670	25.6	634	29.8	614	32.0	593	34.1				

8MVP	-F		1170	1067	17.0	1004	28.3	971	34.0	936	39.7	916	42.5	895	45.3
			1375	1280	20.0	1218	33.3	1185	40.0	1149	46.6	1129	49.9	1108	53.3
			1800	1722	26.2	1660	43.6	1627	52.3	1591	61.0	1571	65.4	1550	69.7
HIGH VACUUM UNITS															
Size	Dia Inlet Outlet	Displ. Cu. Ft. Rev.	RPM	6" HG		8" HG		12" HG		14" HG		15" HG		16" HG	
				CFM	BHP	CFM	BHP	CFM	BHP	CFM	BHP	CFM	BHP	CFM	BHP
3HP 3HVP	1.25" -S	0.045	1760	55	1.3	50	1.7	40	2.4						
			2265	78	1.6	73	2.1	62	3.0						
			2770	100	1.9	95	2.5	85	3.7	79	4.3	76	4.6		
			3600	138	2.5	133	3.2	122	4.7	117	5.3	113	5.7	110	6.0
4HP 4HVP	1.5" -S	0.069	1760	91	1.9	85	2.5	72	3.6						
			2190	121	2.3	115	3.0	102	4.4	95	5.1	91	5.3		
			2620	151	2.7	144	3.6	132	5.1	124	5.9	120	6.3		
			3600	218	3.7	212	4.8	199	6.9	192	8.1	188	8.7	184	9.3
5HP 5HVP	2.5" -S	0.140	1500	170	3.1	161	4.1	144	5.9	134	6.8				
			1760	206	3.6	198	4.8	180	6.9	171	8.0	165	8.6		
			2100	254	4.3	245	5.5	228	8.2	218	9.6	213	10.3		
			2850	359	5.6	350	7.4	333	11.1	323	13.0	318	13.9	312	14.9
6HP 6HVP	3" -S	0.227	1170	209	3.9	197	5.1	173	7.4	159	8.7	152	9.3		
			1760	343	5.6	331	7.4	307	11.2	293	13.0	286	14.0	278	14.9
			1930	381	6.1	370	8.2	345	12.2	332	14.3	324	15.3	316	16.3
			2350	477	7.5	465	9.9	441	14.9	427	17.4	420	18.6	412	19.9
7HP 7HVP	4" -S	0.367	1170	359	6.0	344	8.0	314	12.0	297	14.0	288	15.0	278	16.0
			1465	467	7.5	452	10.0	422	15.0	405	17.5	396	18.8	386	20.0
			1760	575	9.0	561	12.0	530	18.0	514	21.1	504	22.6	495	24.1
			2050	882	10.5	667	14.0	637	21.0	620	24.5	611	26.3	601	28.0
8HP 8HVP	4" -S	0.566	880	400	7.0	380	9.3	338	13.9	314	16.2	302	17.4		
			1170	564	9.3	544	12.3	502	18.5	479	21.6	466	23.1	452	24.7
			1375	680	10.9	660	14.5	618	21.7	595	25.4	582	27.2	568	29.0
			1800	921	14.2	901	19.0	859	28.5	835	33.2	822	35.6	809	38.0

ANEXO D. Descargador de Big Bag DBB



Descripción

El sistema de descarga DBB, simplifica sustancialmente la operación de descarga de BIG-BAGS, convirtiéndola en una operación práctica y segura.

El descargador se compone de una estructura modular regulable en altura, base vibrante, tolva cónica de 1,2 m³ de capacidad, puerta inferior para apertura segura de Big-Bag y caño de respiración con manga filtrante.

Se puede suministrar tanto en hierro como en acero inoxidable. A su vez, puede fabricarse con aparejo autoportante para levantar y ubicar los bolsones para su descarga.

También es posible su construcción en las versiones con sistema de corte de big-bag automático y sistema de sacudimiento.

Description

The DBB unloading system facilitates big bags discharging, making it a safer and more practical operation.

The machine has a height-adjustable modular structure, a 1.2M³ conic hopper, a lower door for safe bigbag opening and breathing pipe with a filtering sleeve.

It can be supplied either in iron or stainless steel and it may be also manufactured with self-supported harness that lifts and places the big bags for discharge.

Versions with automatic bag cutting or shaking systems are also available upon request.



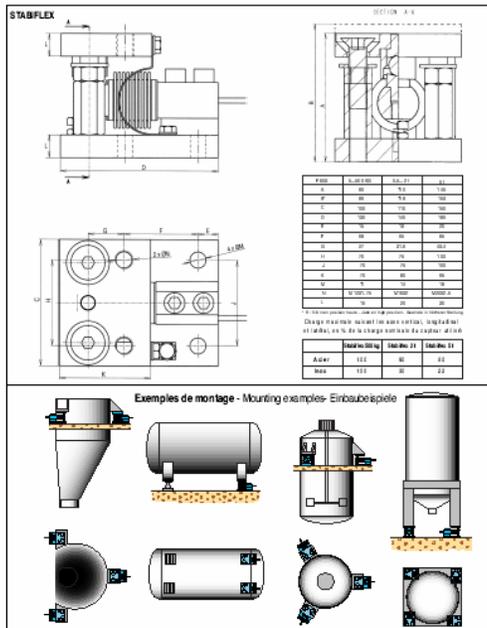
Prillwitz se reserva el derecho de efectuar cualquier cambio sin previo aviso.

Prillwitz reserves the right to make changes without incurring any obligations.

Prillwitz s.a.

Av. Belgrano 434 - (1092) Buenos Aires / T.E. 4342-1323 (Líneas Rotativas) Fax 0054-11-4342-4147 E-mail: prillwitz@tournet.com.ar

ANEXO E. Celda de Carga F60X



SCAIME
 8 P. 007 - Juvisy
 F - 74100 ANNECY-LES-BAINS
 Tél.: +33 (0)4 50 87 78 04
 Fax: +33 (0)4 50 87 78 48
 E-mail: info@scaime.com
 01 69 80 02 20 11 03 France-Italie

Agent
 SCAIME se réserve le droit d'appeler toutes notifications sans avis préalable.

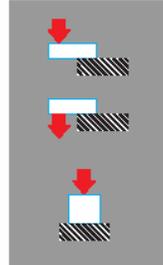
Visitez notre site web
www.scaime.com

PT-F60X-F60-0000



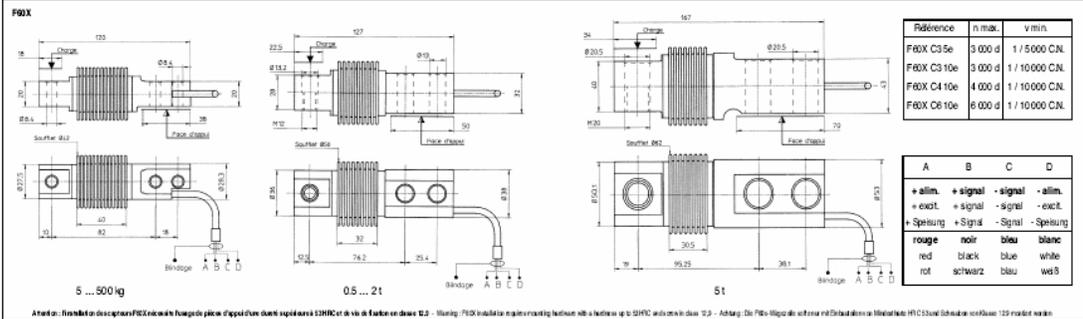
**CAPTEURS DE PESAGE
 LOAD CELLS
 WAGEZELLEN**

**Type F60X
 5 kg...5 t**



- Capteur flexion réalisé en acier inoxydable avec soufflet inox soudé (protection IP68).
- 1500 à 6000 d en classe III OIML. Homologations française et européenne. Conforme à la directive CE de compatibilité électromagnétique.
- Très compact, le F60X est idéalement adapté à toutes applications de pesage industriel de haute précision.
- Utilisé avec le kit STABIFLEX qui intègre un système de découplage et d'auto-centrage à bille, des butées latérales et longitudinales, d'anti-coulèvement et de surcharge, le F60X est le produit idéal pour peser les silos, trémies, réservoirs, mélangeurs, etc...
- Bending beam load cell, made of stainless steel hermetically sealed (IP68 protection).
- EEC approved from 1500 to 6000 d in class III according to ROO OIML requirements. Meets CE standards for electromagnetic compatibility.
- With a very compact construction, the F60X is ideally suited for any industrial weighing application where a high accuracy is needed.
- Combined with the STABIFLEX kit integrating a ball and cup decoupling system, cross stoppers and a lift-off prevention device, the F60X is the solution for weighing silos, hoppers, tanks, blenders, etc...
- Biegestab-Wägezelle aus edelstahl - Hermetisch dicht verschweißt (Schutzart IP68).
- B1-Zulassung von 1500 bis 6000 d in Klasse III gemäß OIML, ROO. Entspricht den EMV+(CE)-Richtlinien.
- Die F60X Reihe ist ideal an alle industriellen Wiege-Applikationen angepasst, in denen hohe Genauigkeit gefordert wird. Kompatibel zu anderen international Herstellern.
- Eingebaut in ihr STABIFLEX-Kit wird die F60X zur idealen Lösung für Silo-, Tank- und Mischanlagen-Verwiegungen und integriert Überlast-, Anhebe-, sowie Abkuppelungs-Sicherung für das Kugelsystem.





Attention: l'installation des capteurs FOX nécessite toujours l'emploi d'une épave d'essai d'au moins 100 kg. - Warning: FOX load cells require mounting fixtures with a minimum up to 250 kg and a minimum diam. 13.3 - Achtung: Die FÖX-Wägen sind schmerz mit Einbauelemente Mindestens 100 kg schwer und 13,3 mm Durchmesser.

Caractéristiques métrologiques - METROLOGICAL SPECIFICATIONS - METS-TECHNISCHE DATEN	FOX C3 5e		FOX C3 10e		FOX C6 10e		FOX C4 10e	
	10, 20, 50, 100, 200, 300, 500, 0.9, 1t, 2, 5t	10, 20, 50, 100, 200, 300, 500, 0.9, 1t, 2, 5t	10, 20, 50, 100, 200, 300, 500, 0.9, 1t, 2, 5t	10, 20, 50, 100, 200, 300, 500, 0.9, 1t, 2, 5t	10, 20, 50, 100, 200, 300, 500	10, 20, 50, 100, 200, 300, 500	0.5, 1t, 2, 5t	0.5, 1t, 2, 5t
Charge nominale - Nominal load - Nennlast (CN)	10, 20, 50, 100, 200, 300, 500, 0.9, 1t, 2, 5t	10, 20, 50, 100, 200, 300, 500, 0.9, 1t, 2, 5t	10, 20, 50, 100, 200, 300, 500, 0.9, 1t, 2, 5t	10, 20, 50, 100, 200, 300, 500, 0.9, 1t, 2, 5t	10, 20, 50, 100, 200, 300, 500	10, 20, 50, 100, 200, 300, 500	0.5, 1t, 2, 5t	0.5, 1t, 2, 5t
Erreur combinée - Combined error - Zusammenfassender Fehler	0.017	0.017	0.017	0.017	0.019	0.019	0.019	kg
Piège de zéro initial - Zero balance - Nullpunkt	±0.5	±0.5	±0.5	±0.5	±0.5	±0.5	±0.5	%
Retour à zéro - Zero shift after loading - Nullrückkehr (30 mm)	0.017	0.017	0.017	0.017	0.019	0.019	0.019	% CN
Piège - Check error - Nullfehler (30 mm)	0.025	0.025	0.025	0.025	0.012	0.012	0.012	%
Dérive thermique d'entrée - Temp. coef. of zero - Temperaturkoeffizient des Nullsignals	<±0.9	<±1.4	<±1.4	<±1.4	<±1.4	<±1.4	<±1.4	%
Dérive thermique de sensibilité - Temp. coef. of sensitivity - Temperaturkoeffizient des Kennwerts	<±1.4	<±1.4	<±1.4	<±1.4	<±1.7	<±1.7	<±1.7	ppm CN/°C
CARACTERISTIQUES DE PESAGE HOMOLOGUÉ - APPROVED WEIGHING SPECIFICATIONS - EICHFÄHIGE DATEN								
e max	13.1, 26.2, 65.5, 131, 262, 362	13.1, 26.2, 65.5, 131, 262, 362	13.1, 26.2, 65.5, 131, 262, 362	13.1, 26.2, 65.5, 131, 262, 362	13.1, 26.2, 65.5	13.1, 26.2, 65.5	602, 1202	kg
n max	602, 602, 1202, 2202, 5902	602, 602, 1202, 2202, 5902	602, 602, 1202, 2202, 5902	602, 602, 1202, 2202, 5902	131, 262, 362, 602	131, 262, 362, 602	2202, 5902	g
v min	3000	3000	3000	3000	6000	6000	4000	d CN/g
CARACTERISTIQUES ELECTRIQUES - ELECTRICAL SPECIFICATIONS - ELEKTRISCHE DATEN								
Tension d'alim. recommandée - Nominal input voltage - Empfohlene Speisespannung	10	10	10	10	10	10	10	V
Tension d'alim. maximale - Maximum input voltage - Maximale Speisespannung	15	15	15	15	15	15	15	V
Sensibilité nominale - Nominal sensitivity - Nennkennwert	2 ±0.1%	2 ±0.1%	2 ±0.1%	2 ±0.1%	2 ±0.1%	2 ±0.1%	2 ±0.1%	m/V
Impédance d'entrée - Input resistance - Eingangswiderstand	395 ±20	395 ±20	395 ±20	395 ±20	395 ±20	395 ±20	395 ±20	Ω
Impédance de sortie - Output resistance - Ausgangswiderstand	390 ±5	390 ±5	390 ±5	390 ±5	390 ±5	390 ±5	390 ±5	Ω
CARACTERISTIQUES GENERALES - GENERAL SPECIFICATIONS - ALLGEMEINE DATEN								
Surcharge admissible - Service load - Grenzlaster	150	150	150	150	150	150	150	% CN
Surcharge maximale - Limit load - Grenzlaster	200	200	200	200	200	200	200	% CN
Température opérationnelle - Service temperature range - Gebrauchstemperaturbereich	-20...+60	-20...+60	-20...+60	-20...+60	-20...+60	-20...+60	-20...+60	°C
Température compensée - Nominal temperature range - Nenntemperaturbereich	-10...+40	-10...+40	-10...+40	-10...+40	-10...+40	-10...+40	-10...+40	°C
Température de stockage - Storage temperature range - Lagerungstemperaturbereich	-40...+70	-40...+70	-40...+70	-40...+70	-40...+70	-40...+70	-40...+70	°C
Dérivation nominale - Nominal displacement - Nennmessweg	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	mm
Couple de serrage - Tighten torque - Befestigungsmoment	2.5 (CN <500kg) / 10 (0.9 < CN <2) / 20 (CN <9)	2.5 (CN <500kg) / 10 (0.9 < CN <2) / 20 (CN <9)	2.5 (CN <500kg) / 10 (0.9 < CN <2) / 20 (CN <9)	2.5 (CN <500kg) / 10 (0.9 < CN <2) / 20 (CN <9)	2.5 (CN <500kg) / 10 (0.9 < CN <2) / 20 (CN <9)	2.5 (CN <500kg) / 10 (0.9 < CN <2) / 20 (CN <9)	2.5 (CN <500kg) / 10 (0.9 < CN <2) / 20 (CN <9)	m kg
Degré de protection - Level of protection - Schutzart	IP69	EN 60529						
Matériau - Material - Werkstoff	Inox - Stainless steel - Edelstahl	EN 60529						
Longueur du câble - Length of wire - Kabellänge	3 (CN <500kg) / 5 (CN <9)	m						
Poids net - Net weight - Reingewicht	0.45 (CN <500kg) / 0.9 (0.9 < CN <2) / 2 (CN <9)	0.45 (CN <500kg) / 0.9 (0.9 < CN <2) / 2 (CN <9)	0.45 (CN <500kg) / 0.9 (0.9 < CN <2) / 2 (CN <9)	0.45 (CN <500kg) / 0.9 (0.9 < CN <2) / 2 (CN <9)	0.45 (CN <500kg) / 0.9 (0.9 < CN <2) / 2 (CN <9)	0.45 (CN <500kg) / 0.9 (0.9 < CN <2) / 2 (CN <9)	0.45 (CN <500kg) / 0.9 (0.9 < CN <2) / 2 (CN <9)	kg

ANEXO F. Filtro de Polvo HDFT

Generalidades / General information

Construcción

Con 1 o 2 entradas de aire con descarga con cono, fondo removido o con brida para montar sobre tolva. Puede succionarse hasta 0.3 bar y comprimirse hasta 0.02 bar. Construcción normal en acero SAE 1010.

Construction

With 1 or 2 air inlets, with a conical or flat discharge outlet. Vacuum system functions in a range from 0.3 bars up to +0.02 bar. Normal execution is SAE 1010 steel.

Dimensionamiento de un filtro

Se realiza en función del caudal de aire, del tipo de producto, de su granulometría, concentración y humedad.

$$\text{Superficie filtrante necesaria (m}^2\text{)} = \frac{\text{Caudal de aire (m}^3\text{/min)}}{i}$$

- i = 0-2,5 para productos finos, pegajosos, de alta concentración.
- i = 2,5-4,0 para productos intermedios.
- i = 4,0-7,0 para productos gruesos, secos y con baja concentración.

Optativos:

- Medición de diferencia de presión en mangas para ahorro de aire de limpieza.
- Deposito receptor de producto aspirado o válvula rotativa de descarga.
- Fondo plano descargador con removedor para ahorrar altura.

Filter size

It is designed and built in function of air quantity, type of product, type of grain, concentration and humidity.

$$\text{Necessary filter surface (m}^2\text{)} = \frac{\text{Quantity of air (m}^3\text{/min)}}{i}$$

- i = 0-2,5 used for fine size particle, sticky, high dust concentration.
- i = 2,5-4,0 used for medium size products.
- i = 4,0-7,0 used for particle size coarse, dry, low dust concentration.

Options available:

- Measurement of pressure loss in bags, to saving cleaning air.
- Recept five deposit of aspirated product or rotative unloading valve.
- Flat unloading bottom with remover to save height.

HDFA

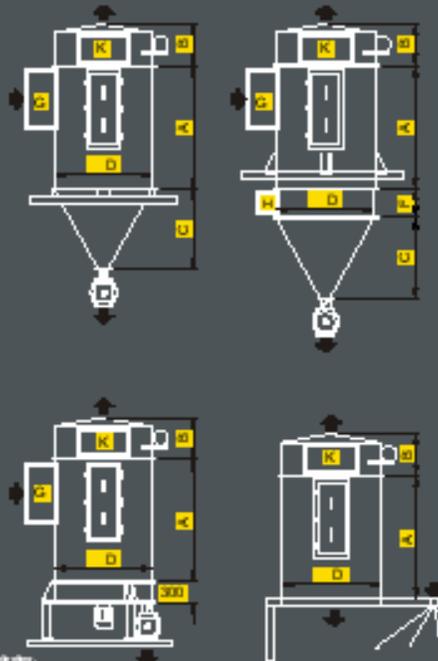
Los filtros HDFA están pensados para lograr una optima separación de polvo ya que agregan el efecto de separación ciclónica. Electroválvula de 1½" G.

The filters HDFA are designed to achieve the maximum separation of powder with the added effect of cyclonic separation. Electro valve: 1½" G

MODELO	LARGO MANGAS (mm)	SUP. FILT (m²)	A	B	C	D	F	G	H	K
HDFA 1.2	1200	6	1260					230	120	
	1800	8	1860	425	695	840	250	X	X	300
	2400	11	2460					460	120	
HDFA 1.6	1200	7	1260					330	200	
	1800	11	1860	492	830	1040	300	X	X	350
	2400	15	2460					660	200	
HDFA 2.6	1200	12	1260					370	200	
	1800	18	1860	562	1020	1260	310	X	X	400
	2400	24	2460					740	200	
HDFA 3.3	1200	15	1260					370	200	
	1800	22	1860	612	1020	1260	310	X	X	450
	2400	30	2460					750	200	
HDFA 4.8	1200	22	1260					400	270	300
	1800	33	1860	635	1235	1500	430	X	X	X
	2400	43	2460					835	270	750
HDFA 6.0	1200	27	1440					450	270	300
	1800	41	2030	642	1364	1670	430	X	X	X
	2400	54	2720					915	270	750
HDFA 7.6	1200	36	1440					500	270	300
	1800	52	2030	657	1470	1780	430	X	X	X
	2400	69	2720					1000	270	750

Cifras en milímetros/ Numbers in millimeters

Foto de un modelo de descarga a chorro con opción de filtro. Reservados los derechos para modificaciones sin previo aviso.



HDFQ

Los filtros HDFQ están pensados para lograr economía de espacio y un menor costo. Se suministran en 2 grupos de tamaños; de 8 a 16 mangas con atención de mangas desde puerta lateral y de 40 a 160 mangas con atención desde cabezal superior. Filtros de hasta 16 mangas con electroválvula de 1" G y el resto con 1 1/2" G.

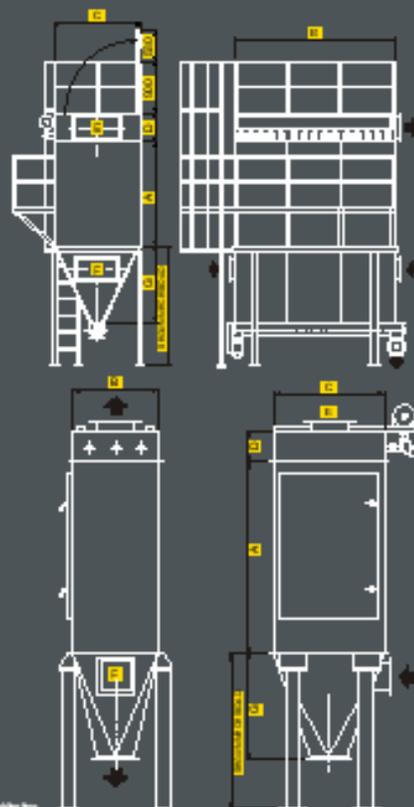
The filters HDFQ are designed to save space and cost. They are provided in two size groups: from 8 to 16 filter bags controlling trough lateral door and from 40 to 160 filter bags with controlling from upper window. Filters up to 16 bags with electro valve from 1" G to 1 1/2" G.

MODELO	LARGO MANGAS (cm)	SUP. FILTRO (m2)	A	B	C	D	E	F	G
HDFQ 8	1200	3,7	1450	410				200	200
	1800	5,6	2050					X	200
	2400	7,5	2650					X	200
HDFQ 12	1200	5,6	1450	580	750	210		200	700
	1800	8,4	2050					X	200
	2400	11,2	2650					X	200
HDFQ 16	1200	7,5	1450	750				200	
	1800	11,2	2050					X	
	2400	15	2650					X	
HDFQ 40	1800	26	1800	920				400	300
	2400	37	2400					X	X
	2700	42	2700					X	550
	3000	46	3000					1100	550
HDFQ 60	1800	56	1800	1340				400	400
	2400	76	2400					X	X
	2700	84	2700					X	800
	3000	92	3000					1100	800
HDFQ 120	1800	84	1800	2760				400	+250
	2400	111	2400					X	X
	2700	126	2700					1100	700
	3000	138	3000					1100	800
HDFQ 160	1800	112	1800	3680				400	+400
	2400	148	2400					X	X
	2700	168	2700					1100	800
	3000	184	3000					1100	800

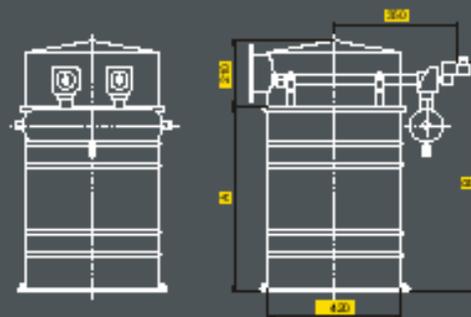
Cifras en milímetros / Numbers in millimeters

Todos los modelos de filtros de este tipo cuentan con filtro de 1" G y el resto con 1 1/2" G. * Poseen 2 bocas como las indicadas.

* Poseen 2 bocas como las indicadas.



HDFT



Los filtros HDFT son pequeños, especialmente desarrollados para pequeños caudales de aire como por ejemplo para las tolvas donde descargan transportes neumáticos.

The HDFT filters are small, especially designed for small loads of air, i.e. for bins where pneumatic transports unload.

MODELO	Sup. Filtro (m2)	A	B	Electro.
HDFT 4/500	0,8	555	705	1"
HDFT 4/750	1,2	830	980	
HDFT 4/1200	1,8	1410	1560	

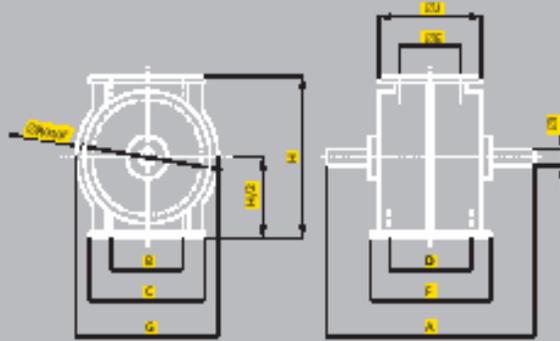
Cifras en milímetros / Numbers in millimeters

Todos los modelos de filtros de este tipo cuentan con filtro de 1" G y el resto con 1 1/2" G.

ANEXO G. Válvula Rotativa HSD

Hsd

HSD



De descripción

Completamente apta para su empleo tanto en depresión como presión efectiva, esta válvula puede ser montada debajo de filtros, cidón separador o tolvas.

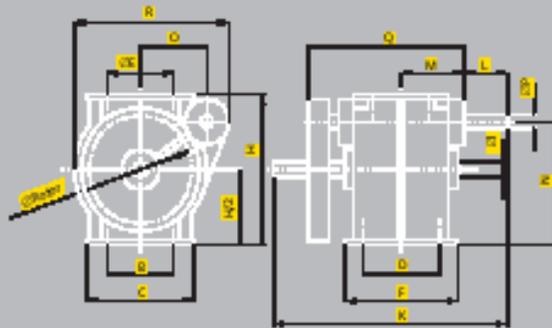
Construcción normal de rotor y cuerpo en fundición gris. El eje se realiza en acero y está montado sobre rodamientos. Este tipo de sustentación y el exacto mecanizado aseguran un sellado perfecto y duradero.

También puede suministrarse en acero inoxidable u otros materiales.

Ejecución espedal con cromado interior y rotor endurecido para productos abrasivos.

Puede suministrarse en sus versiones HSD de mando a motorreductor, HSU de mando directo desde motor mediante correa y HSDA con cojinetes aislados del rotor.

HSU



Description

This valve is absolutely adequate for its use in negative and effective pressure. It can be placed under dust collectors, air separator or bins.

The body and rotor are normally made up of cast iron and the shaft of carbon steel, mounted on bearings. However it can be also produced in stainless steel or other materials. A perfect and lasting sealing is ensured due to its exact machining.

There are three versions: The HSD, commanded by a gear box motor; the HSU, works with direct drive powered by driving belts and the HSDA, featuring insulated bearings from the rotor.

Capacidad Capacity

$$\text{Capacidad (Ton/h)} = C_0 \times \delta \times n \times \alpha / 100$$

C_0 (m³/h x r.p.m) = Capacidad con porcentaje de llenado del 100 % para 1 r.p.m.

δ (Ton/m³) = Peso específico
 n (r.p.m) = Revoluciones por minuto
 α (%) = Porcentaje de llenado

$$\text{Capacity (Ton/h)} = C_0 \times \delta \times n \times \alpha / 100$$

C_0 (m³/h x r.p.m) = Capacity with rate of filling of 100% per r.p.m.

δ (Ton/m³) = Specific weight
 n (r.p.m) = Revolutions per minute
 α (%) = Rate of filling

MODELO	H (Bols)	L (Bols)	C ₀	A	B	C	D	AE	E	G	H	AI	BI	K	L	M	N	O	AP	Q	R
Hsd/u 2015	200	135	0,228	90	130	200	190	110	220	260	280	30	185	460	87	123	220	130	25	304	311
Hsd/u 3020	300	185	0,358	90	200	284	200	160	284	390	400	35	235	511	89	151	308	187	30	364	410
Hsd/u 3030	300	284	0,84	90	200	284	300	220	384	390	400	35	318	611	89	201	308	187	30	464	410
Hsd 4025	400	235	1,45	480	250	340	290	220	340	492	520	40	318	—	—	—	—	—	—	—	—
Hsd 4040	400	385	2,46	630	250	350	400	335	500	492	520	40	438	—	—	—	—	—	—	—	—
Hsd 4545	450	435	3,59	680	300	400	490	335	550	542	570	40	438	—	—	—	—	—	—	—	—

Cifras en milímetros / Numbers in millimeters

Patente se reserva el derecho a efectuar cualquier cambio sin previo aviso.

Patent reserves the right to make changes without incurring any obligations.

Prilwitz y ca.