



SUBSECRETARÍA DE EDUCACIÓN SUPERIOR  
TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO  
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ



# INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

## **Empresa:**

Triturados y Concretos del Sureste S. A. de C. V. (División de Agregados, Block y Asfaltos de Grupo Gorsa S. A. de C. V.)

## **Nombre del proyecto:**

Diseño de una criba y sus elementos para la recuperación de piedra caliza de despolve mayor a  $\frac{3}{4}$ " y menor a  $1\frac{3}{4}$ ".

## **Carrera:**

Ingeniería Mecánica

## **Presenta:**

Fernando Enrique Constantino Montes

## **Asesor Interno:**

M. en C. Juan Carlos Niños Torres

## **Asesor Externo:**

Ing. Noé Fragoso García

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas a 17 de Diciembre de 2014

## ÍNDICE

CAPÍTULO I.	4
1.1 INTRODUCCIÓN.	5
1.2 JUSTIFICACIÓN.	7
1.3 OBJETIVOS.	10
1.3.1 Objetivo general.	10
1.3.2 Objetivos específicos.	10
CAPÍTULO II.	11
2.1 Datos de la empresa.	12
2.1.1 Antecedentes de la empresa.	12
2.1.2 Ubicación.	12
2.1.3. Visión.	14
2.1.4 Misión.	14
2.1.5 Valores.	14
2.1.6 Organigrama de la empresa.	15
2.2 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA A PARTICIPAR.	16
2.2.1 División de Agregados (Área de Producción).	16
2.3 PROBLEMAS A RESOLVER.	18
2.4 ALCANCES Y LIMITACIONES.	20
2.4.1 Alcances.	20
2.4.2 Limitaciones.	21
CAPÍTULO III.	22
3.1. Proceso de trituración.	23
3.2 Criba vibratoria.	31
3.2.1 Principios de funcionamiento de la criba vibratoria.	31
3.2.2 Elementos de una criba vibratoria.	32
3.2.3 Fuerza centrífuga por parte de los contrapesos.	35
3.3 Sistemas de transmisión por correas y poleas.	36

3.3.1 Selección de transmisión de poleas según Martin Sprocket & Gear, Inc.	37
3.4 Chutes.	38
3.5 Normatividad Mexicana aplicada al diseño.	39
3.5.1 NOM-001-STPS-2008.	39
3.5.1.1 Escalas (Escalas fijas).	40
3.5.2 NOM-040-ECOL-2002.	42
3.5.2.1 Especificaciones.	42
3.6 Banda transportadora.	43
3.7 Cálculo de potencia absorbida por la banda según Pirelli.	47
3.8 Tipos de bandas.	49
3.9 Parámetros para la selección de bandas según CONTITECH.	51
3.10 Definición de la tensión de operación de la banda según CONTITECH.	52
3.11 Determinación de la tensión de operación de la banda según CONTITECH.	53
3.12 Técnicas de medición utilizados.	55
3.12.1 Mediciones de nivel.	55
3.12.2 Método de cuarteo.	56
CAPÍTULO IV.	59
4.1 Estudio del proceso de triturados y área de trabajo.	60
4.2 Análisis del problema.	60
4.3 Solución propuesta.	60
4.4 Datos recabados usando los métodos de mediciones.	62
4.4.1 Mediciones de nivel.	62
4.4.2 Resultados del método de cuarteo.	63
4.5 Mediciones ideadas por el residente.	64
4.5.1 Área disponible para ampliación.	64
4.5.2 Ángulos de apertura de las bandas sobre Vista Planta.	65
4.5.3 Ángulo de reposo del material.	66
4.5.4 Ángulo de inclinación de las bandas.	67

4.6 Diseño del sistema de cribado.	68
4.6.1 Chasis.	68
4.6.2 Cama.	69
4.6.3 Poleas y correas.	70
4.7 Diseño de bandas transportadoras.	72
4.8 Diseño de chutes de transferencia y cajones.	72
4.9 Presupuesto.	73
4.10 Memorias de cálculo.	74
4.10.1 Cálculo de correas.	74
4.10.2 Cálculo de contrapeso.	75
4.10.3 Cálculo de eje.	76
<b>CAPÍTULO V.</b>	<b>81</b>
5.1 Resultados.	82
5.2 Conclusiones.	84
<b>ANEXOS</b>	<b>85</b>
ANEXO I. Tablas para el cálculo de bandas de transmisión.	86
ANEXO II. Costo de materiales y rodillos.	88



# CAPÍTULO I

## 1.1 INTRODUCCIÓN.

La necesidad de hacer reparaciones o modificaciones a las instalaciones industriales surge casi a la par del comienzo de la Revolución Industrial a mediados del siglo XVIII y con los procedimientos para atender la demanda. Dicha necesidad va desde un mantenimiento menor, como el cambio de un simple tornillo o lubricación, hasta el reacomodo de toda o parte de una planta e inserción de nuevas máquinas al esquema operacional.

El siguiente proyecto fue realizado en el complejo Berriozábal para Triturados y Concretos del Sureste, S. A. de C. V., o también conocida como División de Agregados, Block y Asfalto de Grupo Gorsa, S. A. de C. V. Dicha división es encargada de producir gravas de distintas granulometrías y arena, así como asfalto y block.

El objetivo del presente trabajo es la optimización en el proceso de trituración de la piedra caliza, mediante la recuperación de la misma con granulometría por encima de los  $\frac{3}{4}$  de pulgada durante el despolve para incorporarla nuevamente y obtener productos terminados, bajando costos de producción mediante el aprovechamiento máximo de la materia prima.

Para cumplir el objetivo general fue necesario plantear la implementación de un nuevo proceso de cribado próximo a la descarga de la que actualmente es la banda de despolve, así como también atender el problema de la gran cantidad de polvo que se genera en la trituración de la piedra y en las transferencias de banda a banda, sobre todo en la temporada seca.

Las herramientas usadas para encarar este proyecto fueron: métodos para capturar niveles de suelo donde serían montados los nuevos elementos, para recabar datos de granulometría del material y la implementación de ingeniosas formas para



obtener mediciones, además de conocimientos adquiridos durante la carrera y el uso intensivo del software de diseño mecánico como SOLIDWORKS.

## 1.2 JUSTIFICACIÓN.

La principal problemática que se debe de atender para lograr la optimización del proceso de trituración es la recuperación de la piedra caliza aun procesable del despolve, necesidad que surge por desajustes en los grizzlies del alimentador o el uso de una malla con aberturas amplias. El problema aumenta durante la temporada de lluvias, cuando lo que en temporada seca es polvo ahora se convierte en lodo. Una manera de afrontar lo anterior es mediante el uso de una malla que previene hasta cierto punto el apelmazamiento de material y el posterior taponamiento, que obligaría a parar el proceso y realizar labores de limpieza, pero permitiendo el paso de material con granulometría de hasta 4”.

En el otro lado de la moneda, cuando se trabaja en temporada seca, los problemas por atascamiento de material se ausentan (aunque el posible desajuste de los grizzlies siempre está latente) y dan paso a la presencia de grandes emisiones de polvo. Para el personal encargado del mantenimiento y operación de la planta, laborar en estas condiciones se vuelve adverso debido a la baja visibilidad y la respiración de partículas finas, además de que la lubricación y limpieza de los componentes móviles se realiza con mayor frecuencia, lo que recae en los costos de producción. Esta problemática tiene a su vez impactos ambientales que quedan a la vista de órganos encargados de la protección del medio ambiente, como lo es la PROFEPA, quien ha hecho puntual a la empresa la reducción de emisiones de polvo o de lo contrario acatar sanciones que van desde multas hasta clausura temporal o permanente de las instalaciones.

Para dar solución a estos problemas, se plantea primeramente la incorporación de un nuevo proceso de cribado en la descarga de la banda de despolve para la separación de la piedra caliza mayor a  $\frac{3}{4}$ ” de los finos y con esto incorporar material útil a la producción, dando solución al problema principal.



En relación a la generación de polvo, se propone el uso de chutes en la descarga de cada banda y cajones sobre la banda que recibe esta descarga, de manera que se contenga el polvo generado en estas transferencias.

Entonces, con la implementación de este proyecto se pretende lo siguiente:

- El uso de una malla estándar en el despolve para trabajar tanto en condiciones húmedas como secas.
- La recuperación de material de despolve aun aprovechable (con granulometría de hasta 7 pulgadas).
- Mejor aspecto de la planta por reducción en las emisiones de polvo.
- Condiciones de trabajo más seguras gracias a lo anterior.
- Reducción en los tiempos de paro por atascamiento y en las labores de mantenimiento menor.
- Alargamiento en la vida útil de los elementos.
- Mayor producción y reducción en los costos de operación de la planta.

Otra problemática a resolver es la condición de transporte de material en la estructura No. 5, la cual actualmente trabaja con una banda de 24” de ancho. Para el trabajo a la que es sometida esta banda, ésta resulta poco conveniente debido a la gran carga que maneja, que en ocasiones se rebalsa y se pierden toneladas de materia prima. También se notó que la cola de esta estructura está por debajo de la cimentación secundaria y cuando la banda rebalsaba, la cola quedaba prácticamente sepultada, por lo que se tenían que hacer arduas labores de limpieza para liberarla (Ver Fig. 1.1 pág. 9).

Para solucionar este problema, se propone el diseño de una estructura ligera que maneje una banda de 36” para reemplazar a la actual BT05, y el alargamiento de la BT04 para ganar altura en la cola de la nueva estructura.



*Fig. 1.1 Cola de la estructura No. 5.*

*Fuente: Personal.*

Para trabajos posteriores se propone la construcción de un mecanismo de pivotaje para la estructura que descarga arena para moverla de manera radial cuando el cono formado llegue a su máxima altura, evitando los gastos de remanejo de material. También es conveniente la construcción de andamiajes a lo largo de cada estructura para facilitar las labores de mantenimiento.

## 1.3. OBJETIVOS.

### 1.3.1 Objetivo general:

Optimizar el proceso de trituración para la recuperación de piedra caliza de despolve mayor  $\frac{3}{4}$ " en la Planta 1 de la División de Agregados, Block y Asfaltos de Grupo Gorsa S. A. de C. V. Complejo Berriozábal.

### 1.3.2 Objetivos específicos:

- Diseñar un mecanismo de cribado a partir de un dispositivo actualmente en desuso.
- Diseñar y calcular las dimensiones y potencia de tres bandas transportadoras.
- Modificar estructura de banda No. 5.
- Diseñar los chutes de recibo de la banda de despolve y de las otras bandas.
- Elaborar los planos para ubicación de equipos.
- Realizar un presupuesto para la realización del proyecto.



# CAPÍTULO II

## **2.1 DATOS DE LA EMPRESA.**

### **2.1.1 Antecedentes de la empresa.**

La empresa tiene sus orígenes en el Estado de Chiapas a principios de los años 70. El proyecto original fue el de comercializar materiales para la construcción en dicho Estado. Gracias a los logros reflejados, al empuje y entusiasmo de los fundadores dieron pie al crecimiento sostenido y constante en varios Estados del Sureste Mexicano.

En 1998, ya con una amplia experiencia en la venta de materiales para la construcción, se decide iniciar en Tabasco con la producción y comercialización del Concreto Premezclado y más tarde en 2001, se incursiona con la producción y comercialización de Agregados para la construcción, inicialmente en el Estado de Chiapas.

### **2.1.2 Ubicación.**

El Complejo Berriozábal está ubicado en el Estado de Chiapas (Ver Fig. 2.1 pág. 13), a 15.4 km del centro de Tuxtla Gutiérrez, sobre la Carretera Tuxtla-Aeropuerto Llano San Juan Km. 17.5 S/N con C.P. 29130, en el municipio de Berriozábal (Ver Fig. 2.2 pág. 13).



Fig. 2.1 Chiapas en el Sureste Mexicano.

Fuente: Google Maps.



Fig. 2.2. Ubicación del Complejo Berriozábal.

Fuente: [www.grupogorsa.com.mx](http://www.grupogorsa.com.mx)



### **2.1.3. Visión.**

“Ser un Grupo con solidez financiera dentro de la industria de la construcción, fabricando y comercializando soluciones integrales con responsabilidad social, sustentabilidad y tecnología de vanguardia.”

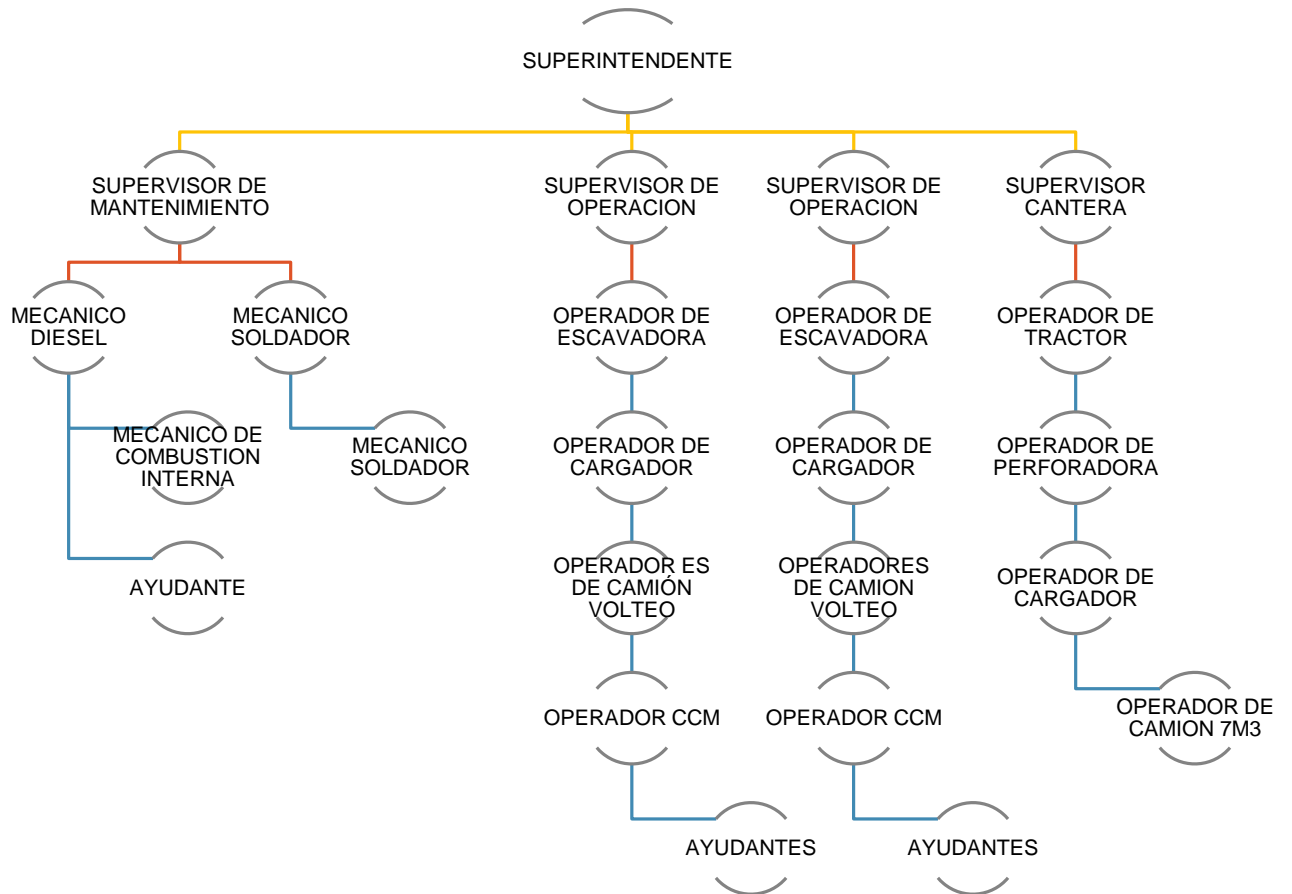
### **2.1.4 Misión.**

“Producir y comercializar productos y servicios de calidad de manera rentable y eficiente para la industria de la construcción; ofreciendo soluciones integrales para el cliente buscando posicionarnos como empresa confiable y con un recurso humano de clase mundial.”

### **2.1.5 Valores.**

- Responsabilidad.
- Liderazgo.
- Integridad.
- Institucionalidad.
- Colaboración.
- Humildad.
- Proactividad.

## 2.1.6 Organigrama de la empresa.





## 2.2 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA A PARTICIPAR.

Grupo GORSA está constituido por cuatro divisiones: Agregados, Dragados, Concretos y Materiales. La División de desenvolvimiento fue Agregados donde comercializa, produce y suministra agregados de gran calidad para la Industria de la Construcción. En GORSA Agregados los productos son fabricados a través de:

- La obtención de productos a base de trituración.
- La obtención de productos de mina.
- La obtención de productos de río (dragado).

A pesar de ser una División cuyo segmento de mercado se enfoca en la producción de materia prima para la elaboración de infraestructura civil, el ingeniero mecánico puede desempeñar e involucrarse en todas y cada una de las actividades que aquí se desarrollan, lo cual se ve reflejado en este proyecto.

### 2.2.1 División de Agregados (Área de Producción).

Como sabemos, en la mayoría de las industrias en las que un ingeniero mecánico labore, se le pide la corrección de los problemas de la manera más rápida, económica y de mejor calidad que se pueda entregar. En el área de producción de Agregados, donde se obtienen productos a base de trituración, no es la excepción. A pesar de ser una planta que lleva en operación desde los comienzos del Grupo hace 14 años, a estas alturas apenas está incursionando en la implementación del mantenimiento preventivo que podría ser atribuible a diversos factores. Tras la llegada del Ing. Noé Frago García (asesor externo) a la superintendencia de Agregados en el Complejo Berriozábal se han ido haciendo mejoras considerables aportando su experiencia de cerca de 25 años trabajando en industrias del rubro, todo con la finalidad de entregar productos de la mejor calidad.



En lo que al equipo al mando del Ing. Fragoso respecta, basta con decir que es una unidad capaz de afrontar cualquier situación por difícil que sea y darle la mejor solución con los medios existentes. De esta manera es que las Plantas 1 y 2 de Agregados del Complejo Berriozábal son las más productivas de la División en cuanto a productos a base de trituración se refieren.

## 2.3 PROBLEMAS A RESOLVER.

Hace dos años y con la llegada del Ing. Fragoso fue detectado un problema en la descarga de la banda de despolve (Ver Fig. 2.3). Se estaba perdiendo una cantidad de material considerable que aun podía ser aprovechado a pesar de los ajustes pertinentes en el conjunto de grizzlies y malla de despolve (Ver Fig. 2.4). El producto del despolve es vendido como material para relleno y aunque también se le saca provecho, podría generar mayores dividendos al lograr la separación material mayor a  $\frac{3}{4}$ " de los finos, recuperarlo e incorporarlo al proceso mediante el uso de bandas transportadoras.



Fig. 2.3. Banda de despolve.

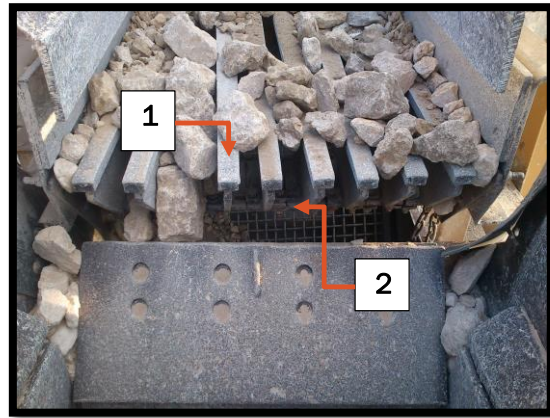


Fig. 2.4. Conjunto de grizzlies (1) y malla de despolve (2).

Con lo anterior se externó el deseo por buscar la ampliación de la Planta 1 dejando algo parecido a lo que se tiene en la Planta 2 y así alcanzar un desempeño similar a esta última, productivamente hablando.

Uno de los problemas que se presentan en las industrias encargadas de producir agregados a base de trituración de piedra caliza es la generación de polvo, como ocurre en ambas Plantas. La Planta 1, que es donde se llevó a cabo este trabajo, queda prácticamente a orilla de una de las carreteras más transitadas en Chiapas y el impacto visual es sucio sin contar las molestias que ocasiona la respiración de

polvo y su adherencia a la piel. Últimamente se le ha dado muchísima importancia a temas relacionados con el cuidado del medio ambiente por justas razones. Si bien, la empresa cuenta con el permiso vigente para la explotación del suelo, las emisiones de polvo son algo que debe de reducirse para evitar sanciones y para el cuidado de sus propios trabajadores. Este problema surge principalmente después de hacer pasar la piedra caliza por el impactador, durante el proceso de cribado y en las descargas de banda a banda. Como se comentó anteriormente, este problema se presenta principalmente en la temporada seca.

Es claro que para la creación de los diseños deben ser considerados factores que resultan determinantes para el correcto funcionamiento y que pueden resultar ser complejos debido a la naturaleza del material a procesar.

## 2.4 ALCANCES Y LIMITACIONES.

### 2.4.1 Alcances.

Lo que se busca con la ampliación de la Planta 1 es alcanzar un rendimiento productivo muy cercano a lo que arroja la Planta 2 gracias a la mejora que se plantea en el proyecto. Lo que se recuperaría se vería reflejado obviamente en los balances mensuales de producción tanto en tonelaje como monetariamente hablando. La recuperación de material útil se traduciría en una reducción en la constancia con la que se realizan eventos explosivos para disponer de materia prima.

Al lograr el encapsulamiento del polvo se estarían alcanzando condiciones de trabajo más seguras y una notable reducción en los tiempos de paro y de mantenimientos menores. Además, la contaminación que se genera actualmente es claramente visible ante los ojos de organismos encargados de proteger al ambiente (Ver Fig. 2.5).



Fig. 2.5. Contaminación producida por Planta 1.

Tras verse plasmado el proyecto, la esencia del mismo se esparciría por las otras cuatro plantas existentes del Grupo, con el fin de optimizar sus procesos y encaminar a la empresa a una posible solicitud de ser parte de las Empresas Socialmente Responsables.

#### **2.4.2 Limitaciones.**

Desgraciadamente el alcance del proyecto se ve frenado ante la petición de buscar una solución simple y económica. Pero por demás simple, la solución resulta compleja e interesante puesto que como diseñador hay que adaptarse a la situación para lograr el mejor trabajo posible, lo que personalmente es un desafío.

Debido a que la planta está en constante operación, realizar las mediciones resulta complicadas y un tanto peligrosas, obligando al diseñador a aprovechar los tiempos de paro y moverse con rapidez.



# CAPÍTULO III

### 3.1. Proceso de trituración.

Para comprender la constitución del proceso de trituración, se ilustra en la Figura 3.1 cada uno de los puntos que llevan la materia prima al producto final.

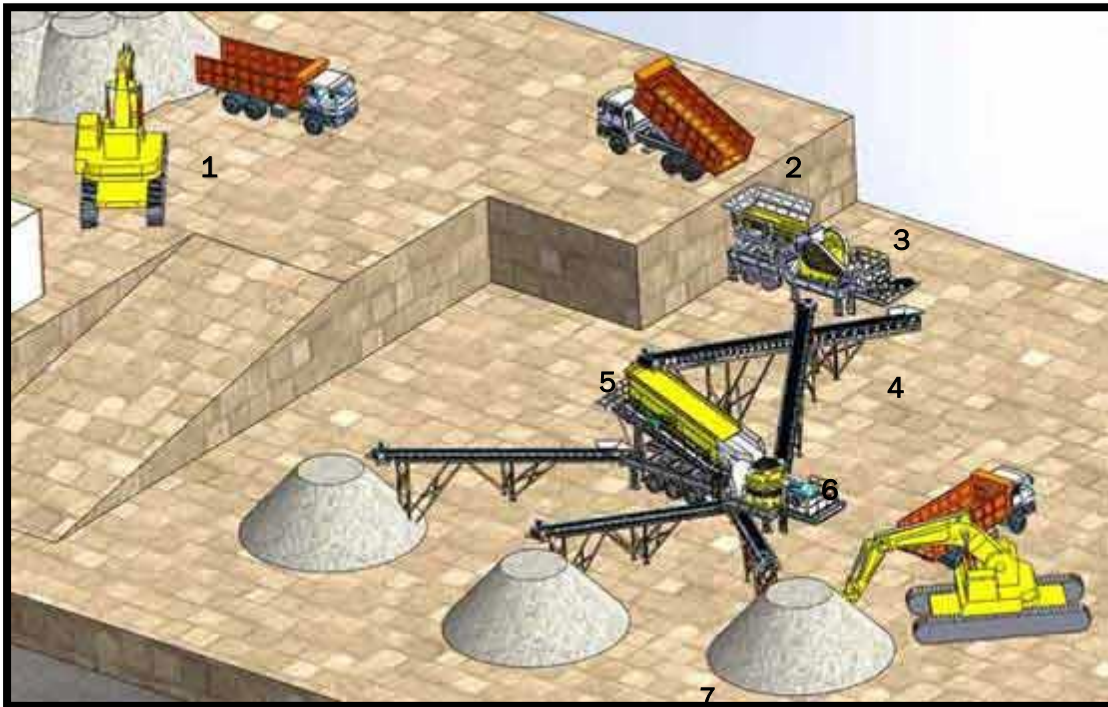


Fig. 3.1. Proceso de Trituración.

Fuente: Google Imágenes.

1. Cantera. Es un tipo de mina no subterránea ubicada usualmente en zonas con abundantes formaciones rocosas (Ver Fig. 3.2 pág. 24). La manera de explotarla es aprovechando la pendiente del depósito de material pétreo, realizando una división en capas horizontales, con la finalidad de explotar varias capas (bancos) simultáneamente. De esta manera, la cantera va adquiriendo la forma escalonada. Este es el punto de partida para el proceso de trituración donde excavadoras o payloaders cargan los camiones (Ver Fig. 3.3 pág. 24).





Fig. 3.2. Cantera del Complejo Berriozábal.



Fig. 3.3. Excavadora cargando un camión.

2. Tolva y alimentador. Por definición, una tolva es un recipiente que sirve para hacer que su contenido pase poco a poco a otro lugar o recipiente de boca más estrecha; suele tener forma de pirámide o cono invertido, ancho por la parte superior, y estrecho y abierto por la inferior (Ver Fig. 3.4). Para el caso es prácticamente lo mismo, punto donde los camiones descargan la piedra caliza.



Fig. 3.4. Tolva de Planta 1.

En lo que al alimentador respecta, estaría ubicado en la parte inferior de la tolva descansando sobre un juego de resortes (Ver Fig. 3.5). Su principio de funcionamiento consta de un par de ejes excéntricos que al giran producen una fuerza centrífuga que es absorbida y liberada rápidamente por los resortes generando vibraciones que hacen que el material “camine” sobre los grizzlies (Ver Fig. 3.6 pág. 26), donde las piedras de menor tamaño pasan entre las aberturas de este primer filtro para caer enseguida sobre la malla de despolve que recupera el material grueso y lo manda a una banda situada debajo del triturador de mandíbula. Lo que logra atravesar este segundo filtro es depositado sobre la banda de despolve.

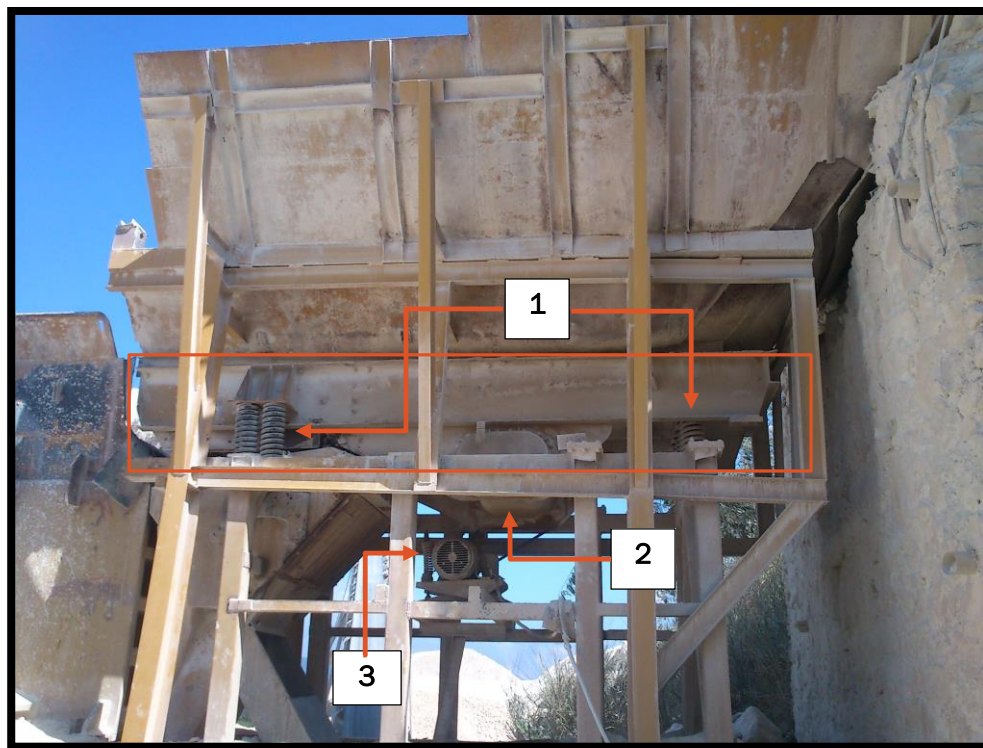


Fig. 3.5. Alimentador (encerrado en el rectángulo). 1. Resortes, 2. Alojamiento de ejes excéntricos, 3. Motor eléctrico que acciona el mecanismo.

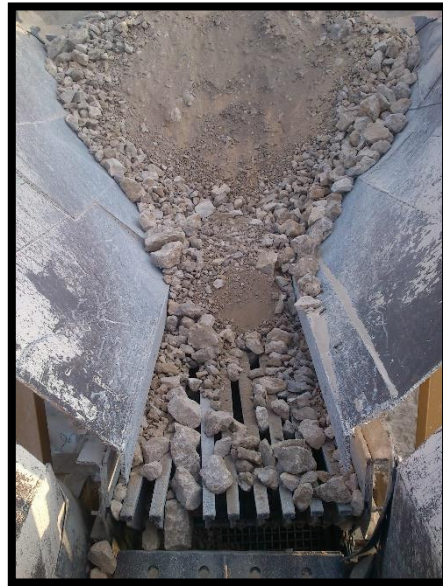


Fig. 3.6. Grizzlies.

3. Trituradora de mandíbula. También conocida como triturador primario (por ser el primer proceso de trituración a la que es sometida la piedra) o muela. Es una máquina utilizada en la trituración llamada de primer nivel. La trituración de primer nivel es una trituración gruesa y media, y las partículas trituradas que se obtienen no son tan finas como resultarían de otro proceso de trituración. La trituradora de mandíbula recibe su nombre del movimiento que realiza su placa de trituración, similar a una mandíbula al masticar. El motor de la trituradora produce un movimiento oscilatorio en la placa de trituración, misma que está colocada de manera diagonal. El material es introducido por la parte superior de la trituradora (a la descarga del alimentador), que tiene una cavidad amplia que se va reduciendo a medida que la piedra entra en la trituradora. El movimiento oscilatorio y la presión que la placa de trituración ejerce al hacerlas chocar con la pared interna de la trituradora es lo que provoca que el material se fragmente y se complete la trituración (Ver Fig. 3.7 pág. 27).



Fig. 3.7. Trituradora de mandíbula.

Fuente: Google Imágenes.

4. Bandas transportadoras. Una banda transportadora es un sistema de transporte consistente en una cinta que se mueve continuamente entre dos tambores. Esta banda es arrastrada por fricción por uno de los dos tambores, que es accionado por un motor. El otro tambor gira libremente y tiene como función el de servir de retorno a la banda. Entre los dos tambores la banda es soportada por rodillos.

El material depositado sobre la banda es transportado hacia el tambor con motor de accionamiento, que es precisamente donde la banda gira y da vuelta en sentido contrario. Cuando el material de la banda llega a esta zona sale fuera de la misma por la acción de la fuerza de gravedad (Ver Fig. 3.8 pág. 28).



*Fig. 3.8. Banda transportadora de arena en Planta 1.*

5. Criba vibratoria. Este mecanismo es utilizado para separar los materiales en varios tamaños para su posterior procesamiento. Se aplica en varios campos como en la separación de arena seca o húmeda, grava de piedra triturada, minerales y aplicaciones industriales. Su estructura se compone de uno o varios niveles de separación de material denominados “camas”. Dichas camas soportan un juego de mallas que separa la piedra según su granulometría. Por ejemplo, si tenemos una cama con mallas de  $\frac{3}{4}$ ” en sus aberturas y hacemos pasar sobre ésta piedras de 1 pulgada, por obvias razones el material no podrá atravesar las mallas y tendremos que someterlo a un proceso de trituración las veces que sean necesarias hasta que la piedra logre pasar por las aberturas de las mallas, ya sea en medida de  $\frac{3}{4}$ ”, medidas intermedias o arena. En cuanto a la composición y principio de funcionamiento de una criba vibratoria, resulta idéntico al del alimentador: un chasis de acero que descansa sobre resortes, un eje excéntrico o un eje con contrapesos en los extremos que produce fuerza centrífuga al girar, absorción y liberación rápida de energía por parte de los resortes, vibración

que junto con una pendiente hacen que la piedra recorra el área de cribado. (Ver Fig. 3.9).



*Fig. 3.9. Criba de despolve en Planta 2.*

6. Trituradora de impacto. Conocida además con los nombres de impactador o triturador secundario (Ver Fig. 3.10 pág. 30). Es una máquina que aprovecha la energía de un impacto o golpe para romper el material. Se compone principalmente de marcos, rotor, transmisión del rotor y las placas de impacto. El rotor se rueda a alta velocidad cuando trabaja la máquina. El material será despedazado por el impacto con el martillo del rotor y serán tirados a la placa de impacto. Así, repite el proceso y las piedras serán machacadas repetidamente. Los productos finales serán descargados hasta que corresponden la granularidad necesitada y que es dada por el arrecho de mallas en la criba vibratoria. Para cambiar la granularidad y la forma de los productos finales, se puede ajustar el intersticio entre la placa de impacto y el rotor.

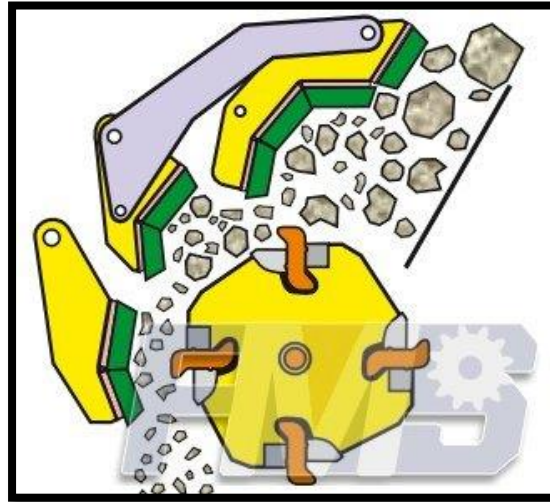


Fig. 3.10. Vista interna y funcionamiento de un impactador.

Fuente: Google Imágenes.

7. Conos. Formados por los productos terminados que son descargados de las bandas transportadoras, en las cuales a su vez es descargado el material de las diferentes salidas de la criba vibratoria. Cada cono corresponde a una granulometría diferente y en condiciones para ser comercializada. En el caso de la Planta 1, actualmente se producen grava de  $\frac{3}{4}$ ", grava asfaltera y arena (Ver Fig. 3.11).



Fig. 3.11. Conos de grava  $\frac{3}{4}$ ' en Planta 1.

Puesto que la parte fuerte de este proyecto fue la construcción virtual de una criba vibratoria y cuatro bandas transportadoras, es relevante profundizar más acerca del tema.

### **3.2 Criba vibratoria.**

Este equipo está catalogado como un accesorio de trituradora. La criba vibratoria en principio se utiliza para las operaciones de filtrar después de triturar los materiales y es popularmente usado en el análisis de filtro para distintos materiales en los sectores tales como cantera, selección de carbono, selección de minas, materiales de construcción, electricidad e industria química, etc.

#### **3.2.1 Principios de funcionamiento de la criba vibratoria.**

El motor dirige el bloque excéntrico del excitador a hacer una rotación de alta velocidad a través del acoplamiento. El bloque excéntrico rotatorio produce una fuerza centrífuga fuerte para estimular la caja tamizadora (cama) para realizar un movimiento de amplitud circular. Siendo afectado por el impulso de la caja tamizadora, los materiales en la superficie oblicua de la pantalla son lanzados continuamente y las partículas que son más pequeñas que los poros tamizados (aberturas de las mallas), pasan a través del tamizador para ser clasificados (Ver Fig. 3.12 pág. 32).



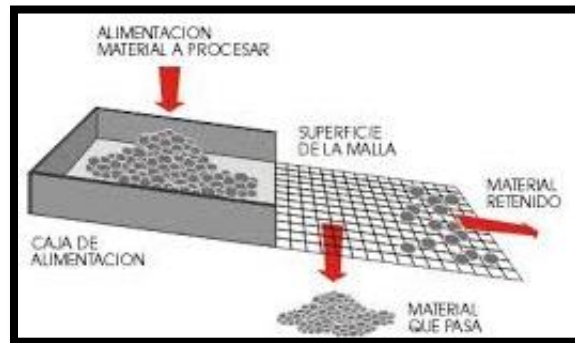


Fig. 3.12. Propósito de una criba vibratoria.

Fuente: Google Imágenes.

### 3.2.2 Elementos de una criba vibratoria.

- Mallas. Tela de alambre entretejido con aberturas cuadradas de tamaño uniforme (Ver Fig. 3.13 No.1).
- Bastidor. Componente en el que se fija la malla, para evitar su deformación (Ver Fig. 3.13 No.2).
- Abertura de la malla. Separación libre entre los alambres que forman cada cuadro del tejido. (Ver Fig. 3.14 pág. 33).

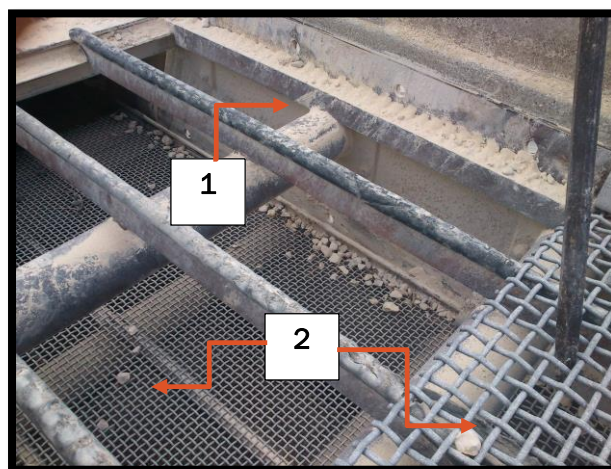


Fig. 3.13. No. 1 Mallas, No. 2 Marco.

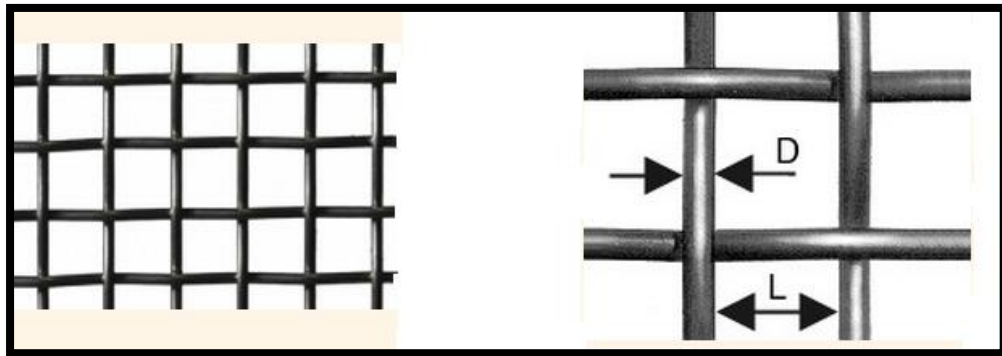


Fig. 3.14. Abertura de malla (L). Diámetro de alambre (D).

Fuente: Google Imágenes.

- Ganchos. Varillas dobladas en forma de U o J que permiten asegurar de mejor manera la malla con el marco (Ver Fig. 3.15).

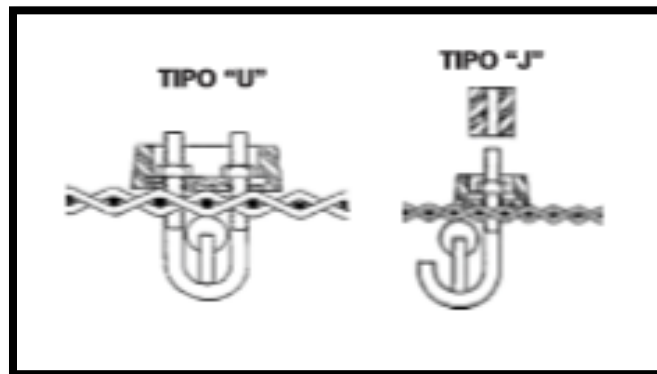


Fig. 3.15. Tipos de ganchos.

Fuente: Deister Machine Company.

- Tensores o cerchas. Los hay de diversas formas pero comparten el mismo propósito: extender las mallas sobre el marco y mantenerlas tensas durante el proceso de cribado (Ver Fig. 3.16).



Fig. 3.16. Tensores.

Fuente: Google Imágenes.

- Hule cañuela. El hule cañuela contiene hule natural y sintético, agentes vulcanizantes, aceite derivado del petróleo, emulsiones EJM (Óxido de Bismuto). Este hule es colocado entre las soleras que componen el marco y las mallas con la intención de evitar el contacto metal con metal y el desgaste que esto generaría (Ver Fig. 3.17).

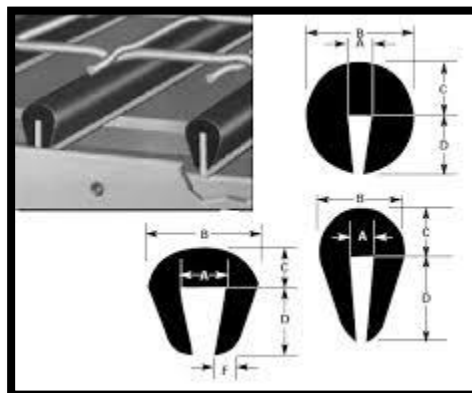


Fig. 3.17. Tipos y propósito de hule cañuela.

Fuente: Google Imágenes.

- Corona. Es una sutil curva que forman las soleras del marco a lo ancho de la estructura. Lo que se busca con ello es una correcta distribución del material sobre el área de cribado (Ver Fig. 3.18).

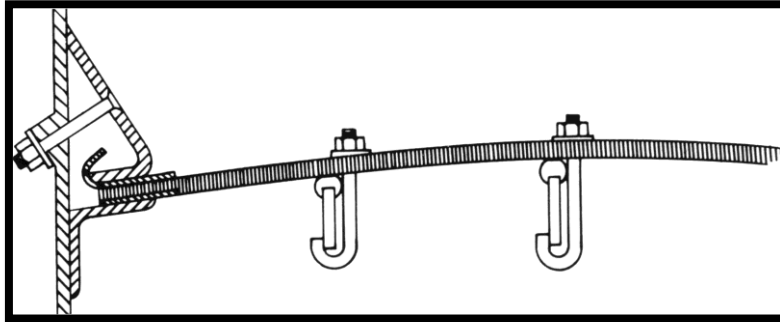


Fig. 3.18. Corona que forma la malla gracias a las soleras.

Fuente: Google Imágenes.

### 3.2.3 Fuerza centrífuga por parte de los contrapesos.

Primeramente, la fuerza centrífuga se pone de manifiesto en los movimientos rotatorios y tiende a impulsar al objeto hacia el extremo de la curva. Aumentando la velocidad de rotación del cuerpo, su valor tiende a crecer.

En el caso de un cuerpo unido a la extremidad de una cuerda que se hace girar en una órbita circular, teniendo con la mano el otro extremo de la cuerda extendida, la fuerza centrífuga es la que mantiene la cuerda en tensión y que se siente como una tracción en la mano. A ella se opone una fuerza igual y contraria y llamada centrípeta, la que la mano ejerce sobre el objeto a través de la cuerda.

Poniendo el ejemplo del cuerpo y la cuerda, podemos realizar una semejanza con el mecanismo que impulsa la criba, donde la masa del contrapeso estaría representado por su centro de masa y la longitud de la cuerda por la distancia del centro de giro hacía el centro de masa. En este caso, para lograr mayor impulso tenemos la opción de aumentar el número de contrapesos.

La fuerza centrífuga se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$F_{cf} = \frac{m * v^2}{r} = m * \omega^2 * r$$

Ec. 3.1

Donde:

$m$  = masa del o los contrapesos.

$v$  = velocidad tangencial de giro.

$r$  = radio de giro, medido desde el centro de giro hasta el centro de masa del contrapeso.

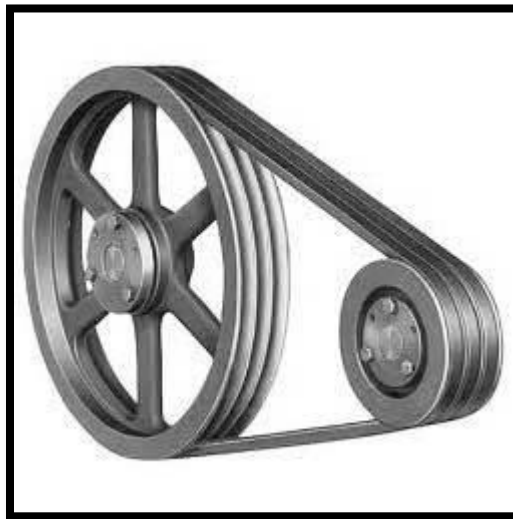
$\omega$  = velocidad angular.

### 3.3 Sistemas de transmisión por correas y poleas.

Correas, cuerdas, cadenas y otros elementos de máquinas flexibles o elásticos similares se utilizan en los sistemas de transporte y en la transmisión de energía a distancias comparativamente grandes. Sucede a menudo que estos elementos pueden ser utilizados como un reemplazo para engranajes, ejes, cojinetes, y otros dispositivos de transmisión de potencia relativamente rígidos. En muchos casos su uso simplifica el diseño de una máquina y reduce sustancialmente el costo (Budynas & Nisbett, 2012).

El sistema de poleas con correa más simple consiste en dos poleas situadas a cierta distancia, que giran a la vez por efecto del rozamiento de una correa con ambas poleas (Ver Fig. 3.19 pág. 35). Las correas suelen ser cintas de cuero flexibles y resistentes. El movimiento circular comunicado a una de las poleas (polea motriz) se transmite a la otra (polea conducida) a través de la correa. Los elementos de este sistema de transmisión son:

- La polea motriz o conductora. Es la polea ajustada al eje motor que tiene movimiento propio, causado por un motor, manivela, etc.
- La polea conducida. Es la polea ajustada en el eje al que deseamos transmitir el movimiento.
- La correa de transmisión. Es una cinta o tira cerrada de cuero, caucho u otro material flexible que permite la transmisión del movimiento entre ambas poleas. La correa debe mantenerse lo suficientemente tensa pues, de otro modo, al producirse el fenómeno de deslizamiento o resbalamiento de la correa, no cumpliría su cometido satisfactoriamente.



*Fig. 3.19. Transmisión mediante correas.*

*Fuente: Google Imágenes.*

### **3.3.1 Selección de transmisión de poleas según Martin Sprocket & Gear, Inc.**

Según la empresa Martin, dedicada a la fabricación, forja y fundición de piezas de metal y plástico moldeado para sistemas de transmisión y potencia para la industria automotriz así como refacciones industriales, para la selección de una transmisión de poleas es necesario contar con los siguientes datos:

1. Potencia del motor.

2. RPM de la unidad motriz.
3. RPM de la máquina impulsada.
4. Distancia entre centros aproximada.

Contando con los requisitos antes mencionados, se deben seguir los pasos a continuación:

Paso 1. Determinar la potencia de diseño en HP a partir de la fórmula:

$$\text{Potencia de diseño (HP)} = \text{Potencia del motor} * \text{factor de servicio} \quad \text{Ec. 3.2}$$

Para determinar el factor de servicio consulte la Tabla 1 del Anexo).

Paso 2. Determinar la sección de banda (ver Tabla 3 del mismo Anexo).

Paso 3. Revisar el diámetro mínimo de la polea motriz (ver Tabla 4 del mismo Anexo).

Paso 4. Seleccionar la transmisión.

### 3.4 Chutes.

Por definición, un chute (Fig. 3.20) es un pasaje o canal con paredes. En las cintas transportadoras, el chute puede ser para cargar o descargar la cinta y va colocado en los extremos para evitar que el material no se derrame.

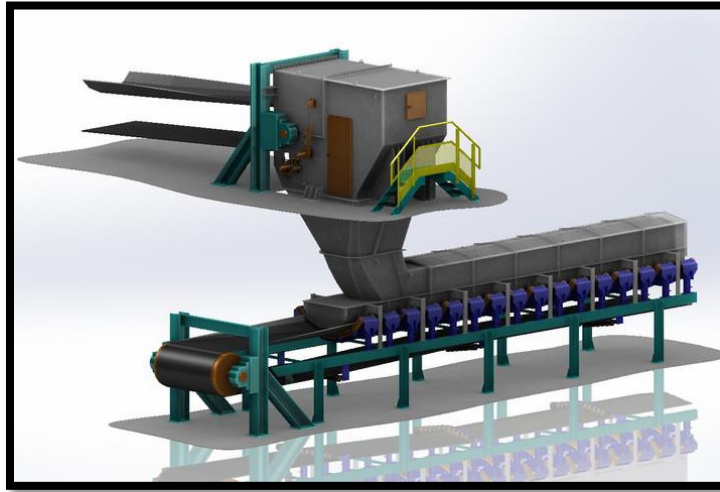


Fig. 3.20. Chute de transferencia sobre banda.

Fuente: Google Imágenes.

### 3.5 Normatividad Mexicana aplicada al diseño.

La Normatividad Mexicana es una serie de normas cuyo objetivo es asegurar valores, cantidades y características mínimas o máximas en el diseño, producción o servicio de los bienes de consumo entre personas morales y/o personas físicas, sobre todo los de uso extenso y de fácil adquisición por parte del público en general, poniendo atención en especial en el público no especializado en la materia.

#### 3.5.1 NOM-001-STPS-2008.

Para las labores de mantenimiento o acciones como los cambios de mallas en la criba, es importante contar con un área apropiada para desempeñar dichas labores. Por lo tanto, para realizar un diseño adecuado es indispensable hacerlo apoyándonos en la NOM-001-STPS-2008. Esta Norma Oficial Mexicana para edificios, locales, instalaciones y áreas en los centros de trabajo/condiciones de



seguridad, tiene por objetivo establecer las condiciones de seguridad de los edificios, locales, instalaciones y áreas en los centros de trabajo para su adecuado funcionamiento y conservación, con la finalidad de prevenir riesgos a los trabajadores.

Los puntos a los que habrá de acatarse el diseño son:

### **3.5.1.1 Escalas (Escalas fijas).**

- a) Deben ser de materiales cuya resistencia mecánica sea capaz de soportar las cargas de las actividades para las que son destinadas y estar protegidas, en su caso, de las condiciones ambientales;
- b) Los anclajes deben ser suficientes para soportar el peso de los trabajadores que las utilicen;
- c) Cuando se requiera, deben existir indicaciones sobre restricciones de su uso;
- d) Deben tener un ancho mínimo de 40 cm, y cuando su altura sea mayor a 250 cm el ancho mínimo será de 50 cm;
- e) La distancia entre peldaños no debe ser mayor de 38 cm;
- f) La separación entre el frente de los peldaños y los objetos más próximos al lado del ascenso, debe ser por lo menos de 75 cm;
- g) En el lado opuesto al de ascenso, la distancia entre los peldaños y objetos sobresalientes debe ser por lo menos de 20 cm;
- h) Deben tener espacios libres de por lo menos 18 cm, medidos en sentido transversal y hacia afuera en ambos lados de la escala;

- i)** Al medir la inclinación de la escala desde la parte opuesta a la de ascenso, con respecto al piso, ésta debe estar comprendida entre 75 y 90 grados;
- j)** Deben contar con protección circundante de un diámetro de dimensiones tales que permita el ascenso y descenso de los trabajadores de forma segura a partir de 200 cm  $\pm$  20 cm del piso y, al menos, hasta 90 cm por encima del último nivel o peldaño al que se asciende;
- k)** Cuando la altura sea mayor a 6 m, debe permitir el uso de dispositivos de seguridad, tales como línea de vida;
- l)** Deben tener descansos por lo menos cada 10 m de altura y éstos deben contar con barandal de protección lateral, con una altura mínima de 90 cm, intercalando las secciones, a excepción de las escalas de las chimeneas;
- m)** En caso de contar con estructuras laterales para el soporte de los peldaños, éstas deben prolongarse por encima del último nivel de acceso de la escala por lo menos 90 cm, ser continuas y mantenerse en tal estado que no causen lesiones en las manos de los trabajadores, y permitir el ascenso y descenso seguro, y
- n)** Las escalas fijas, cuyos peldaños son alcayatas incrustadas o soldadas de forma alternada a ambos costados en los postes que soportan cables de telefonía o de energía eléctrica, deben cumplir con las siguientes condiciones:
  - i.** Los peldaños deben ser de materiales con resistencia a la corrosión y resistencia mecánica suficiente para soportar el peso del trabajador;
  - ii.** Las distancias entre alcayatas de un mismo costado no deben ser superiores a 90 cm, de tal manera que entre alcayatas alternadas las distancias sean iguales o menores a 45 cm;

- iii. La alcayata debe sobresalir al menos 20 cm del lugar empotrado o soldado, para soportar al trabajador, y
- iv. La alcayata debe ser lisa para evitar daños en las manos de los trabajadores.

### **3.5.2 NOM-040-ECOL-2002.**

Esta Norma Oficial Mexicana para la protección ambiental – fabricación de cemento hidráulico – niveles máximos permisibles a la atmosfera tiene por objetivo establecer los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas, óxidos de nitrógeno, bióxido de azufre, monóxido de carbono, metales pesados, dioxinas y furanos, hidrocarburos totales y ácido clorhídrico provenientes de fuentes fijas dedicadas a la fabricación de cemento hidráulico, que utilicen combustibles convencionales o sus mezclas con otros materiales o residuos que son combustibles y es de observancia obligatoria para los responsables de las mismas, según su ubicación.

Para cumplir con lo estipulado en esta NOM, el diseño debe perseguir el siguiente punto:

#### **3.5.2.1 Especificaciones.**

Los niveles máximos permisibles de emisión de partículas a la atmósfera provenientes de las fuentes fijas dedicadas a la fabricación de cemento hidráulico que utilicen combustibles convencionales, así como los métodos de medición y la frecuencia de medición son los establecidos en la Tabla 1 de la presente Norma Oficial Mexicana.

OPERACION	NIVEL MAXIMO	FRECUENCIA DE MEDICION	METODO DE MEDICION
Trituración <sup>(1)</sup>	80 mg/m <sup>3</sup>		
Molienda de materia prima <sup>(1)</sup>	80 mg/m <sup>3</sup>		
Molienda de cemento hidráulico <sup>(1)</sup>	80 mg/m <sup>3</sup>	ANUAL	NMX-AA-010-SCFI-2001
Enfriamiento de Clinker <sup>(1)</sup>	100 mg/m <sup>3</sup>		
Calcinación de Clinker <sup>(2)</sup>	0,15 * C kg de partículas/ton de materia prima alimentada		

<sup>(1)</sup> Condiciones normales, base seca, corregido al 7% de oxígeno (O<sub>2</sub>) en volumen.

<sup>(2)</sup> Si C es la cantidad de material alimentado al horno de calcinación, en toneladas por hora base seca, el nivel máximo permisible de emisión será 0,15 \* C (kg/h).

*Tabla 1.- Niveles máximos permisibles de emisión de partículas.*

*Fuente: Diario Oficial de la Federación.*

Cabe mencionar que para poder monitorear las partículas presentes en el ambiente de trabajo es necesaria la adquisición de medidores de partículas para saber a ciencia cierta la efectividad del diseño. La empresa actualmente desconoce los valores en sus emisiones de polvos, pero coinciden que definitivamente están fuera de norma.

### **3.6 Banda transportadora.**

Es considerada como uno de los transportes más eficientes en el manejo de materiales a granel, ya que admiten grandes distancias de transporte con altos rendimientos y con un bajo consumo de potencia. Su principio es el transporte de material sobre una banda flexible (telas de algodón, nylon, o poliéster, con o sin coberturas de goma, PVC, o poliuretano; mallas de acero o plásticas, enrejadas o en láminas; etc.), la cual se adapta a las necesidades y características del material. La banda se desliza sobre una cuna de rodillos, los cuales acompañan y guían la banda en todo su recorrido, tanto sea cargada o descargada. La trayectoria puede ser horizontal, inclinado, o una combinación de estas direcciones.

Las bandas pueden ser tan simples o complejas dependiendo los requerimientos de la industria, con una gran cantidad de componentes (Ver Fig. 3.22) o acomodados (Ver Fig. 3.23).

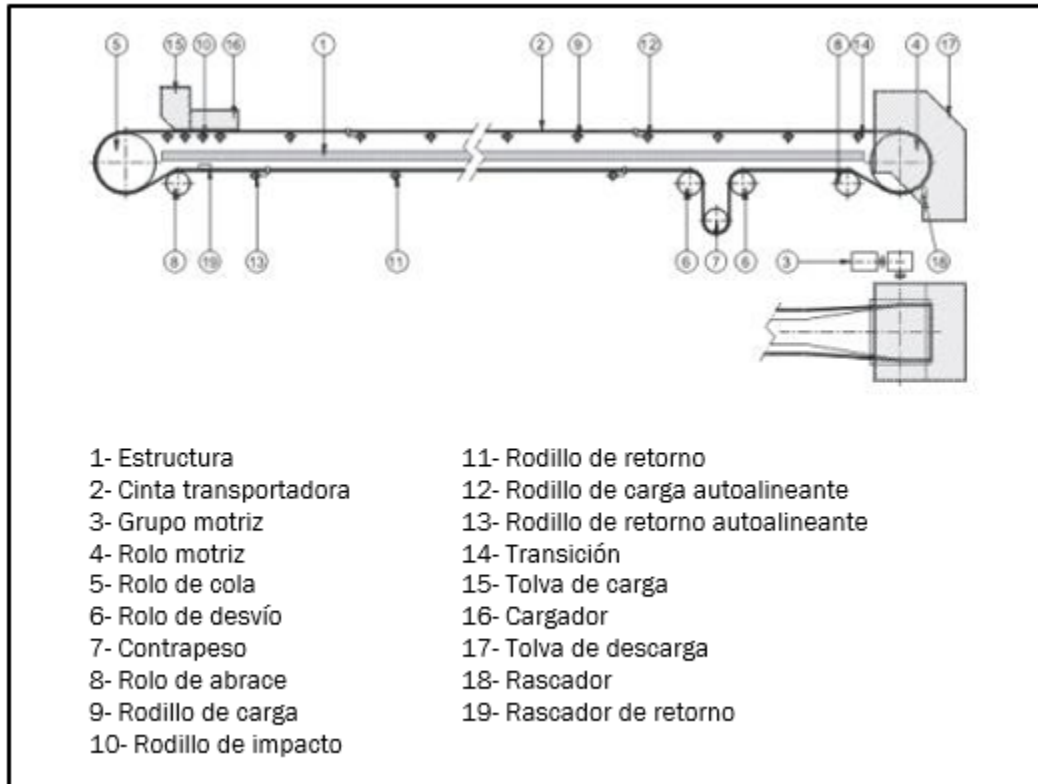


Fig. 3.22. Componentes de una banda transportadora.

Fuente: Google Imágenes.

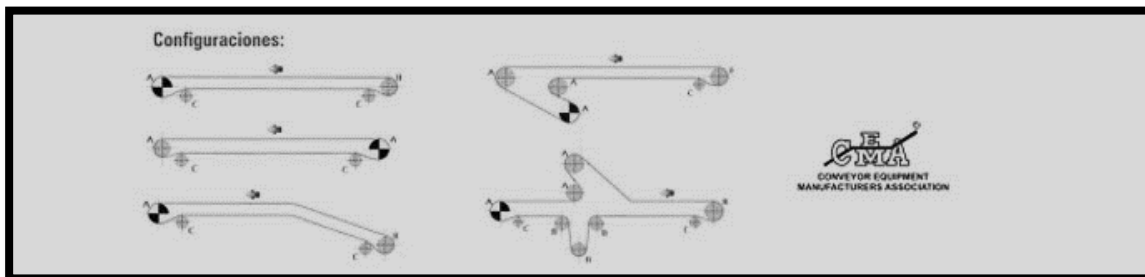


Fig. 3.23. Configuraciones en una banda transportadora.

Fuente: Google Imágenes.

Dadas las necesidades expresadas por la empresa, de los componentes ilustrados en la Fig.3.22, nuestro diseño habrá de utilizar los siguientes:

- Estructura. Es el esqueleto, armadura o base que sirve de sustento a la construcción de las bandas transportadoras.
- Cinta transportadora. Sobre ésta es transportado el material en cuestión. Constituidas por un recubrimiento de caucho y capas de diferentes telas según el servicio para el que sea requerido.
- Grupo motriz. Consta es de un motor eléctrico y un reductor conectados directamente o por medio de bandas de transmisión. Acoplado al eje del rolo motriz, le proporciona el movimiento y la potencia necesaria para mover la cinta transportadora.
- Rolo o polea motriz. Es el dispositivo que brinda tracción y transmite la fuerza a la cinta para iniciar el movimiento.
- Rolo o polea de cola. Se utilizan como tensor de las cintas transportadoras y está ubicada en el inicio de la estructura.
- Rodillos de carga (Ver Fig. 3.24a pág. 46). Dispuestos sobre un bastidor que los mantiene fijos (sólo rotan sobre su eje). Tienen el propósito de facilitar el movimiento de grandes cargas, debido a que es un elemento que produce rodadura a la cinta.
- Rodillos de impacto (Ver Fig. 3.24b pág. 46). Dispuestos de igual forma que los rodillos de carga, con la diferencia de que cuentan con un revestimiento de caucho precisamente para amortiguar el impacto del material al momento de ser cargado sobre la cinta.
- Rodillos de retorno (Ver Fig. 3.24c pág. 46). Encargados de evitar que la cinta cuelgue y guiarla por el lado de retorno.

- Tolva de carga y descarga. Construidos para la contención de los polvos que pudiesen generarse al cargar o descargar el material.

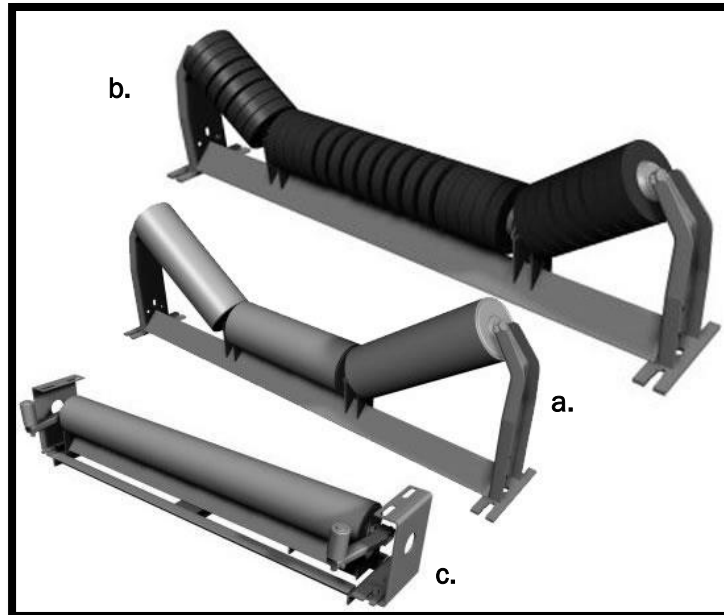


Fig. 3.24. Tipos de rodillos (a. de carga, b. de impacto, c. de retorno).

Fuente: Google Imágenes.

- Tensor. Como su nombre lo indica, tensa la banda para evitar que se patine en la polea motriz (Ver Fig. 3.25 pág. 47).

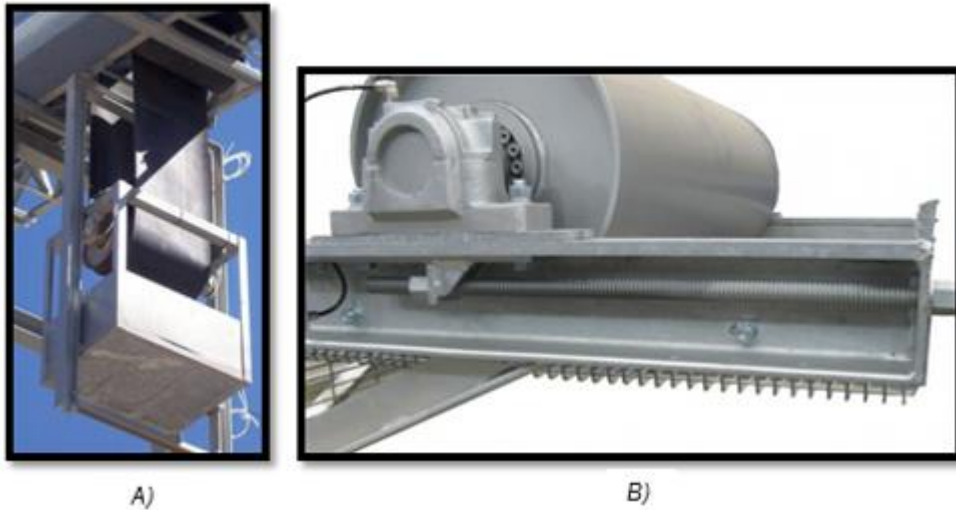


Fig. 3.25. Tipos de tensores. A) De gravedad, B) De tornillo.

Fuente: Google Imágenes.

### 3.7 Cálculo de potencia absorbida por la banda según Pirelli.

La potencia absorbida por una cinta transportadora en funcionamiento deriva de las resistencias de rozamiento que se oponen a su movimiento y, si la cinta esta inclinada, también de la elevación del material transportado.

En particular, la potencia absorbida está constituida por la suma de las siguientes potencias parciales:

- Potencia necesaria para mover la cinta descargada  $N_1$ .  
Depende conjuntamente de la proyección horizontal de la distancia entre ejes de los tambores terminales, del ancho, velocidad y peso de la cinta, del tipo de cojinetes (de bronce o de bolas), del peso de los rodillos portantes, de retorno y guías y también de su mantenimiento.
- Potencia necesaria para mover horizontalmente el material transportado  $N_2$ .



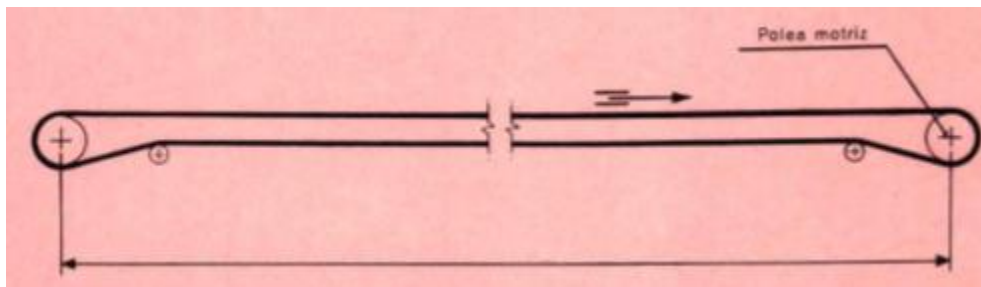
Depende conjuntamente de la proyección horizontal de la distancia entre ejes de los tambores terminales, de la capacidad horaria de transporte, del tipo de cojinetes de los rodillos de soporte y de su mantenimiento.

- Potencia necesaria para elevar el material transportado  $N_3$ .

Depende de la proyección vertical del intereje entre los tambores terminales y de la capacidad horaria de transporte de la cinta.

Generalmente se presentan 3 casos de transporte de material:

Caso A. Transporte horizontal.

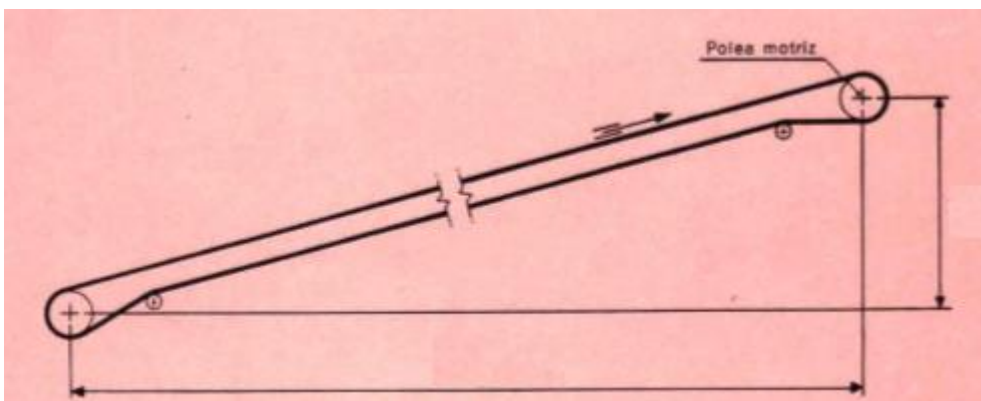


Donde:

$$N = N_1 + N_2$$

Ec. 3.3

Caso B. Transporte inclinado ascendente.

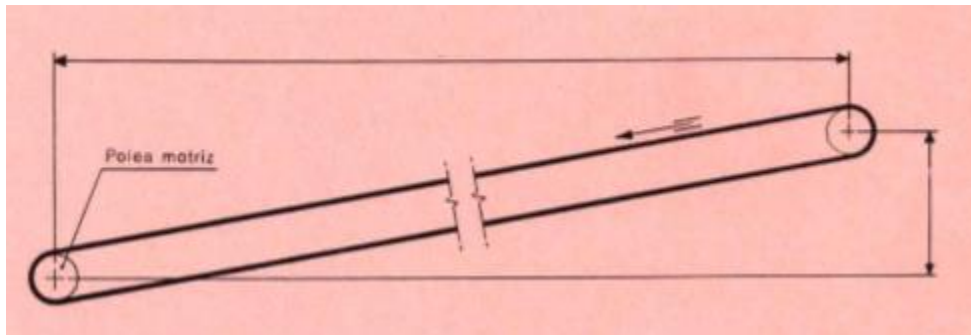


Donde:

$$N = N_1 + N_2 + N_3$$

Ec. 3.4

Caso C. Transporte inclinado descendente.



Donde:

$$N = N_1 + N_2 - N_3$$

Ec. 3.5

Nota: De la tabla 14 (Ver Anexo III, pág. ) se obtiene la potencia correspondiente al movimiento del material en sentido vertical  $N_3$ , potencia no absorbida para el Caso C, pero que está presente en el transportador y ha de considerarse con signo negativo.

### 3.8 Tipos de bandas.

En el mercado podemos encontrar una gran variedad de bandas transportadoras, de diversos materiales y destinadas para aplicaciones específicas. A continuación se presentan algunas clasificaciones de bandas:

Por acabado superficial.

- Lisa: para transporte horizontal o de poca inclinación.
- Nervada: para instalaciones de elevado ángulo de transporte.

- Rugosa: alto coeficiente de rozamiento para transporte horizontal y/o inclinado de productos manufacturados generalmente.

Por cobertura.

Referencia	Utilización
Y Estándar	Soportar el material a transportar.
X Antiabrasivo	Materiales cortantes y de granulometría elevada.
W Muy antiabrasivo	Materiales con gran poder de desgaste, granulometría fina.
G Antiaceite	Resiste el ataque de aceites grasa e hidrocarburos. Al mismo tiempo soporta bien la temperatura, hasta 110°C.
T Anticalórica	En función de la temperatura del producto se elegirá entre 110, 150 o 170°C, teniendo bien en cuenta la granulometría
A Alimentaria	De color blanco para su uso en la industria alimentaria.
S,K Antillama	Para empleo en minas y ambientes potencialmente explosivos.

Por el tejido.

- Telas de algodón.
- Telas de nylon o poliéster.
- Mallas de acero o plásticas.

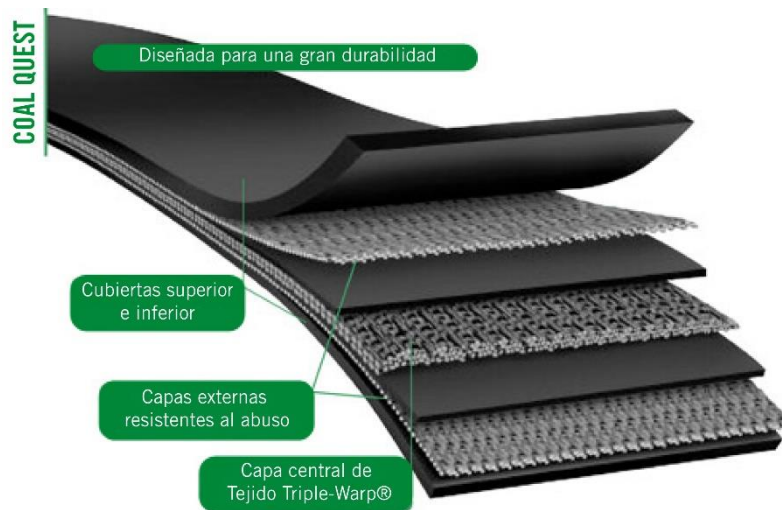


Fig. 3.26. Construcción de una cinta transportadora.

Fuente: Manflex Perú

### 3.9 Parámetros para la selección de bandas según CONTITECH.

La selección correcta de una banda transportadora es aquella que resulta en los costos más bajos por tonelada de material transportado.

- Ancho de banda. Utilizado para determinar la capacidad de la banda.
- Velocidad de la banda. Usada para el cálculo de la tensión efectiva y de la potencia requerida.
- Capacidad. Empleada para la determinación de la tensión.

- Distancia entre centros de poleas. Necesaria para el cálculo de la tensión de la banda, para vencer la fricción de la misma y de la carga.
- Altura. Es la diferencia de elevación. Requerida para calcular la tensión necesaria para bajar o levantar dicha carga.
- Características del material transportado. Es decir, tipo, peso, tamaño, propiedades químicas, temperatura, presencia de aceites o grasas en el material transportado, con el fin de determinar la calidad de la banda.
- Empalmes. El tipo de empalme (vulcanizado en caliente, en frío y engrapado) determina la tensión máxima permisibles de la banda.
- Transmisión. Se necesita conocer si la transmisión es de una polea motriz o de dos, si las superficies de las poleas son lisas o recubiertas, así como el arco de contacto de la polea o grados en poleas. De esta información depende el cálculo de la tensión del lado de retorno.
- Tensores. Se requiere conocer el tipo de tensor (gravedad o tornillo) para calculas la tensión del lado de retorno.
- Diámetros de poleas. Las poleas con los diámetros correctos contribuyen a prolongar la vida del empalme y de la banda.
- Motor de la transmisión. Se requiere del conocimiento de los datos de la placa del motor como son la potencia, las RPM y el tipo de sistema de arranque. Esto nos indica hasta qué punto se puede sobrecargar la banda.

### **3.10 Definición de la tensión de operación de la banda según CONTITECH.**

Tensión efectiva ( $T_e$ ). Es la tensión que es aplicada por medio del motor, para:

- a) Girar la banda vacía y los componentes que giran por ella.
- b) Mover la carga sobre la banda horizontalmente.
- c) Elevar la carga sobre la banda contra la fuerza de gravedad.

Tensión lado de retorno ( $T_2$ ). Es la tensión que se adiciona a la banda, debido al peso del contrapeso o al tornillo del tensor. Esta tensión es necesaria para que la polea “no patine” en la banda.

Factor de transmisión (K). Depende de:

1. La cantidad de arco de contacto en grados sobre la polea motriz.
2. Si la polea motriz está recubierta de hule o lisa.
3. Si el tensor es de gravedad o de tornillo.

### 3.11 Determinación de la tensión de operación de la banda según CONTITECH.

- 1) Cálculo por el método corto.

La tensión máxima de operación de una banda se puede basar sobre la capacidad del motor.

Por este método, la banda nunca estará sobre forzada por el motor existente.

La única desventaja del método, es que se puede determinar una banda sobredimensionada, debido a que en algunas instalaciones se tiene un motor mayor al requerido.

Tensión efectiva.

$$T_e = \frac{0.9 * HP \text{ motor} * 33000}{S}; S = \text{Vel. de banda} \quad \text{Ec. 3.6}$$

Tensión lado de retorno.

$$T_2 = K * T_e \quad \text{Ec. 3.7}$$

Tensión lado tenso.

$$T_1 = T_e + T_2 \quad \text{Ec. 3.8}$$

Tensión de operación unitaria.

$$T_u = \frac{T_1}{\text{Ancho de banda}} \quad \text{Ec. 3.9}$$

Nota: Se suponen pérdidas del 10% por la reducción de engranes, bandas de transmisión o cadena de rodillos. La potencia de la polea motriz será por lo tanto igual a  $0.9 \times \text{HP}$  del motor.

## 2) Cálculo por el método largo.

La tensión de operación de una banda, puede calcularse usando los datos de ingeniería del transportador. De esto, se calcula la potencia requerida por la banda.

La tensión máxima de operación se desarrolla cuando la banda trabaja con carga máxima a la velocidad máxima.

Tensión para mover la banda vacía.

$$T_x = F_x * L_c * G$$

Ec. 3.10

Tensión para mover la carga horizontal.

$$T_y = F_y * L_c * Q$$

Ec. 3.11

Tensión para levantar la carga.

$$T_z = H * Q$$

Ec. 3.12

Tensión efectiva.

$$T_e = T_x * T_y * T_z$$

Ec. 3.13

Donde:

$G$  = Peso de la banda, rodillos, poleas de contacto y cualquier otra polea girada por la banda [lb/pie].

$F_x$  = Valor de  $F$  considerando la tensión necesaria para mover la banda vacía.

$F_y$  = Valor de  $F$  cuando se calcula la tensión necesaria para mover la carga horizontal.

$L$  = Longitud del transportador, medida a lo largo de la banda entre centros de poleas terminales [lb].

$L_c$  = Longitud corregida entre centros.

$H$  = Altura vertical entre los puntos de carga y descarga [pies].

$Q$  = Peso de la carga [lb/pie de longitud del transportador].

$$Q = \frac{33.3 * C}{S}$$

Ec. 3.14

Donde:

$C$  = Capacidad de carga [Ton. Cortas/h].

$S$  = Velocidad de la banda [Pies/min].

### 3.12 Técnicas de medición utilizados.

#### 3.12.1 Mediciones de nivel.

La aplicación de este método se requiere de dos personas, y de instrumentos como el estatal (Ver Fig. 3.26 pág. 56) y un nivel de mano (Ver Fig. 3.27 pág. 56). El procedimiento a seguir es el siguiente:

1. Establecer el nivel de control. Esto se realiza en una superficie horizontal. Mientras una persona mantiene el estatal verticalmente, apoyándose con un nivel de mira anglosajona presente en este instrumento, otra toma la medida que representaría la altura del piso al nivel de la mirada. El nivel de mano también cuenta con una burbuja que debe permanecer centrada para asegurar que el instrumento se encuentra paralelo al piso. Es importante cuidar la postura por parte del encargado de tomar las mediciones para reducir el margen de error.



2. Establecer una referencia en la zona de medición. En esta zona es donde debe estar el encargado de las mediciones mientras la persona con el estadal se mueve a los puntos donde se desean tomar los niveles.
3. Realizar las operaciones de diferencia de niveles, colocando a la zona de referencia como nivel 0. Los puntos medidos pueden estar por debajo o por encima de la referencia, haciéndolo saber colocando los signos + o – a lado de la magnitud según sea el caso. La unidad de medida es arbitraria.

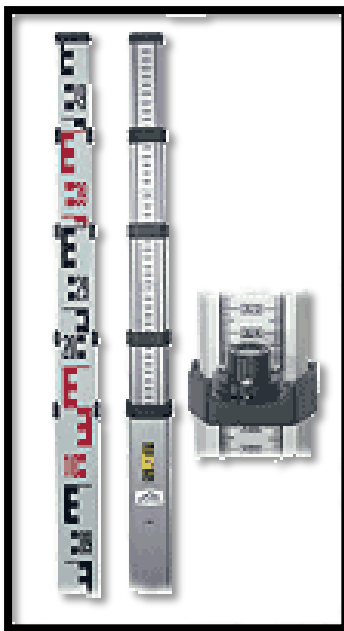


Fig. 3.26. Estadal.

Fuente: Google Imágenes.



Fig. 3.27. Nivel de mano.

Fuente: Google Imágenes.

### 3.12.2 Método de cuarteo.

Este método tiene por objeto dividir la muestra, para obtener muestras que sean representativas y que tengan los diferentes tamaños existentes en la muestra inicial.

Para este método, el equipo consiste en una pala, un cucharón de punta recta o cuchara de albañil, una escoba o cepillo, y una lona de aproximadamente 2,0 m x

2,5 m en caso de que se utilice el segundo de los dos métodos que se describen a continuación:

1. Se coloca la muestra de campo sobre una superficie plana, dura y limpia, donde no pueda haber pérdida de material ni contaminación con materias extrañas. Se mezcla el material completamente traspaleando toda la muestra en una pila cónica, depositando cada paleada sobre la anterior. Por medio de la pala se ejerce presión sobre el vértice; se aplanar con cuidado la pila hasta que se obtenga un espesor y un diámetro uniformes, cuidando de que cada sector que abarque una cuarta parte de la pila resultante no se mezcle con los otros. El diámetro debe ser aproximadamente de cuatro a ocho veces el espesor. Se divide la pila aplanada en cuatro partes iguales con la pala o la cuchara de albañil y son eliminadas dos de las partes diagonalmente opuestas, incluyendo todo el material fino cepillando los espacios vacíos para limpiarlos. Se mezcla el material restante y se cuartea sucesivamente hasta reducir la muestra al tamaño requerido para las pruebas.
2. Como alternativa al procedimiento descrito en el punto anterior, cuando el material del piso pueda contaminar a la muestra de campo, ésta puede ser colocada sobre una lona y mezclada con una pala como se describió previamente, o levantando cada esquina de la lona alternadamente y jalándola sobre la muestra hacia la esquina diagonalmente opuesta, obligando al material a ser volteado. Se aplanar la pila como se describió en el punto 1. Luego es dividida la muestra como se indicó, o bien, si la superficie bajo la lona es dispereja, puede introducirse una varilla o un tubo entre la lona y el piso, al centro de la pila, alzándolo de ambos extremos para dividir la muestra en dos partes iguales. Después, se extrae el tubo dejando un doblez de la lona entre las porciones divididas. Se vuelve a introducir, el tubo bajo la lona, a 90° con relación a la primera división, y se vuelve a alzar por ambos extremos para dividir la muestra en cuatro partes iguales. Son eliminadas dos cuartas partes diagonalmente opuestas, teniendo cuidado de

recoger todos los finos que quedaron en esas porciones de lona. Se mezcla y cuarteo sucesivamente el material restante hasta reducir la muestra al tamaño requerido para las pruebas.

Ilustrativamente, el método se presenta en la siguiente figura 3.28:



Fig. 3.28. Método de cuarteo.

Fuente: Google Imágenes.



# CAPÍTULO IV

## PROCEDIMIENTOS Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES A REALIZAR

#### **4.1 Estudio del proceso de triturados y área de trabajo.**

La comprensión del proceso tomó los dos primeros días dentro de una capacitación implícita en la primera semana de residencia profesional. El estudio se llevó a cabo junto con personal de la Planta, quien iba explicando a grandes rasgos los componentes y los pasos del proceso de trituración. La idea está plasmada en la Fig. 3.1 y explicada en el Capítulo 3.

También se realizó un recorrido por el área donde se llevará a cabo dicho proyecto para comentar a grandes rasgos acerca de la posible ubicación de los elementos.

#### **4.2 Análisis del problema.**

Las problemáticas presentes son dos principalmente, como ya se había comentado anteriormente. Por un lado se encuentra el desperdicio de material en el despolve, y que aún podría ser utilizado en la producción; por otro, las emisiones constantes de polvo (debido a las descargas de material y posterior al proceso de trituración) al ambiente, generando contaminación y condiciones de trabajo inseguras.

#### **4.3 Solución propuesta.**

Para dar solución a los problemas ya antes descritas, se propone idear un sistema de cribado a partir de una criba vibratoria en desuso que se encuentra en Planta 2 (Ver Fig. 4.1 pág. 61), diseñando cada una de las partes indispensables para su funcionamiento, así como las bandas transportadoras para reincorporar la piedra útil al proceso y descargar el despolve definitivo. Para esto se utilizarán partes de unas estructuras de acero angular almacenadas (Ver Fig. 4.2 pág. 61) con la finalidad de reducir costos y darle un uso de provecho.



*Fig. 4.1. Criba en desuso en Planta 2.*



*Fig. 4.2. Estructuras almacenadas.*

Para la contención del polvo, se propone el uso de chutes de descarga y cajones sobre las bandas que reciben la descarga. En la posterior construcción se sugiere el uso de las estructuras almacenadas como refuerzos a los diseños.

Lo anterior se realizó en la segunda semana de residencia profesional junto con ayuda de personal del área de producción y cantera.

#### 4.4 Datos recabados usando los métodos de mediciones.

##### 4.4.1 Mediciones de nivel.

Se optó por medir los niveles de las cimentaciones de las bandas 1, 3, 5 y la cimentación secundaria. La referencia para realizar estas mediciones fue la cimentación primaria, teniendo como resultados lo siguiente:

CIMENTACIÓN	MEDICIÓN (CM)
BT01 (DESPOLVE)	- 5 cm
BT03	- 13 cm
BT05	- 63 cm
CIMENTACIÓN SECUNDARIA	- 45cm

#### 4.4.2 Resultados del método de cuarteo.

Las muestra fueron tomadas directamente de la descarga de la banda de despolve. Tras realizar el procedimiento descrito en el Capítulo 3, la masa de la primera muestra a analizar fue de 28.52 kg, donde:

GRANULOMETRÍA (PULGADAS)	MASA (KG)	PORCENTAJE (%)
1 ½	.93	3.3
1	3.75	13.1
¾	3.68	12.9
< ¾	20.16	70.7
<b>SUMA</b>	28.52	100

Por lo tanto, del 100% de despolve producido actualmente, un 29.3% es aprovechable.

Para el mes de Octubre, se tuvieron 60,000 toneladas de producción, de los cuales 9000 toneladas fueron despolve. Esto significa que se estarían recuperando 2,700 toneladas de material útil manejando un 30% de aprovechamiento con el uso de un nuevo sistema de cribado en la descarga de dicha banda, bajando de un 15% a un 10.5% el despolve mensual.



Monetariamente hablando y considerando una producción constante, la recuperación de la piedra mayor a  $\frac{3}{4}$ " se traduciría a aproximadamente \$540,000.00 al mes.

#### 4.5 Mediciones ideadas por el residente.

##### 4.5.1 Área disponible para ampliación.

Para obtener el área total aproximada que está disponible para la ampliación de la Planta se usó una imagen satelital obtenida de Google Maps junto con su escala correspondiente. Mediante técnicas geométricas y usando la escala se obtiene un área aproximada de 250 m<sup>2</sup> (Ver Fig. 4.3).



Fig. 4.3 Imagen satelital de Planta 1.

Fuente: Google Maps

#### 4.5.2 Ángulos de apertura de las bandas sobre Vista Planta.

Con la intención de lograr la mayor precisión en el acomodo de los elementos en el plano durante el diseño, se hizo uso de parte de un mapa topográfico del Complejo. Los datos que se recabaron de éste fueron los ángulos de las bandas de apertura en una vista de planta como se muestra en la siguiente Fig. 4.4.

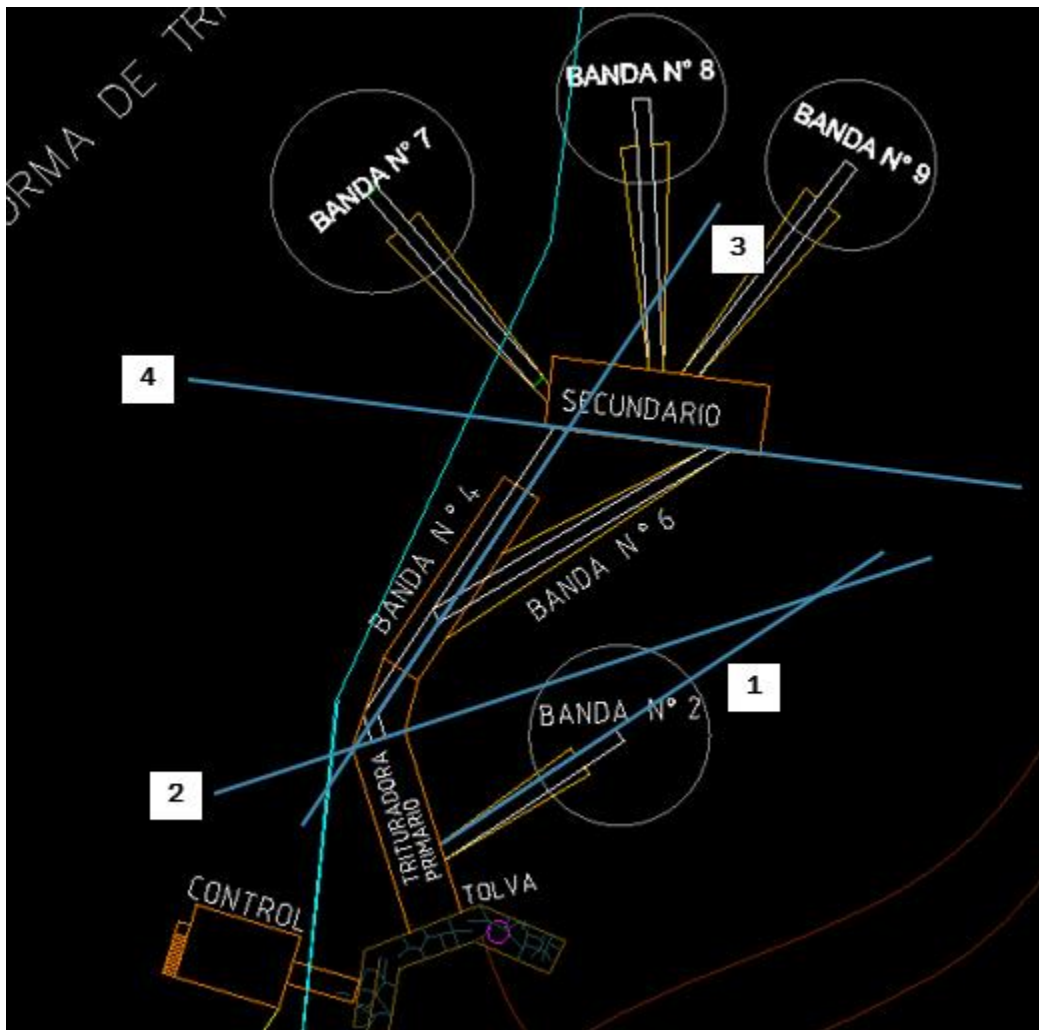


Fig. 4.4 Mapa topográfico con líneas trazadas para determinar los ángulos de apertura.

INTERSECCIONES	ÁNGULO FORMADO
1-2	17°
2-3	40°
3-4	64°

#### 4.5.3 Ángulo de reposo del material.

Una de las mediciones importantes a realizar, debido a que marcaría en gran parte el diseño de los chutes y la altura del cono final de despolve, fue la determinación del ángulo de reposo del material. Para ello fue necesario el uso de un nivel profesional y un flexómetro. El procedimiento a seguir fue:

1. Colocar el nivel justo al pie del cono cerciorándose de que la burbuja indique la verticalidad del instrumento.
2. Apoyar el flexómetro en la cara superior del nivel, extender la cinta hasta que el extremo toque la cara del cono, y ubicar un nivel imantado sobre la cinta para indicar que ésta este horizontal.
3. Tomar la lectura del flexómetro.
4. Calcular el ángulo de reposo mediante el uso de funciones trigonométricas.

Este procedimiento se repitió en tres ocasiones en distintos puntos del cono de despolve obteniendo valores de 63, 65 y 67 pulgadas. Debido a que la altura del nivel profesional siempre se mantuvo constante (48.5 pulgadas), bastó con aplicar la función tangente para determinar el ángulo de reposo del material.

**NÚMERO DE MEDICIÓN****ÁNGULO DE REPOSO (°)**

1	35.9
2	36.7
3	37.6

Para efectos del diseño se tomó en consideración la medida más grande para darle seguridad y evitar posibles apelmazamientos de material.

#### **4.5.4 Ángulo de inclinación de las bandas.**

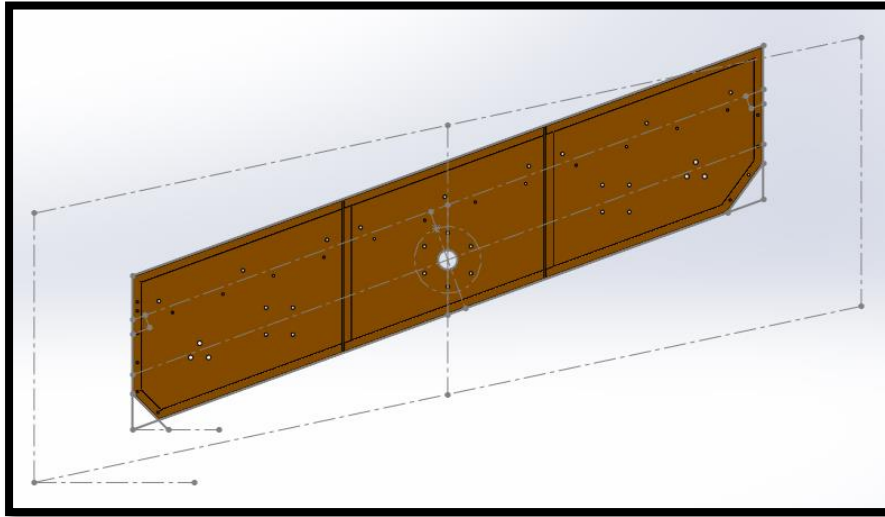
En cuanto a la medición de los ángulos de inclinación de las bandas se hizo uso de una rosa de los vientos, una hilera y una plomada. El procedimiento a seguir consistió en trazar una recta sobre uno de los miembros que componen la estructura, paralela a la dirección de inclinación. Posteriormente, se hizo pasar la hilera a través de un orificio que se encuentra justo en el centro de la rosa de los vientos y en el extremo libre de la hilera se colgó una plomada para mantenerla tensa. El siguiente paso fue colocar las marcas de 0° y 180° de la rosa de los vientos justo sobre la línea trazada sobre el miembro, y tomar la lectura de los grados. Los resultados obtenidos fueron:

BANDA	INCLINACIÓN (°)
BT01 (DESPOLVE)	16
BT03	14
BT04	12
BT05	13

#### 4.6 Diseño del sistema de cribado.

##### 4.6.1 Chasis.

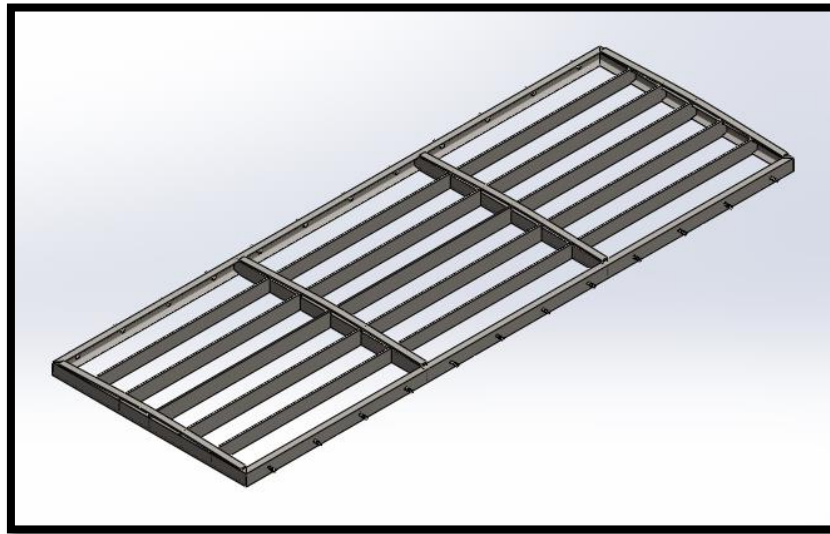
La criba que hoy se encuentra fuera de servicio en Planta 2 cuenta con un ángulo de inclinación de 12°. El diseño debe ser trabajado sobre una de las caras laterales del chasis y buscar que este quede con un ángulo de 20°, al mismo tiempo que el eje permanezca en el mismo sitio, lo que es permitido puesto que la este elemento cuenta con 3 camas y lo que se busca es que sea de una sola, ganando espacio a la causa.



Las líneas punteadas que forman el paralelogramo representan la cara lateral actual de la criba. Como se alcanza a apreciar, la esquina superior derecha del diseño esta fuera del área, pero en la construcción real esta esquina puede ser completada soldando una placa de la misma cara.

#### 4.6.2 Cama.

El bastidor mide 144x51 pulgadas y está diseñado con canal de 3x5. Cuenta con 15 soleras de 3/8" de distintas alturas que forman una sutil corona y 4 arcos con la intención de realizar una unión a tope entre malla y malla sobre estos, evitando además que los extremos de las mismas se doblen con el peso del material.



#### 4.6.3 Poleas y correas.

A criterio del diseñador se selecciona una relación de transmisión  $R = 2$  y un diámetro de polea menor  $d = 8$  pulgadas. Usando la siguiente fórmula:

$$E \geq \frac{(R + 1) * d}{2} + d$$

cEc. 4.1

Donde:

$E$  = distancia entre los centros de las poleas.

$R$  = relación de transmisión.

$d$  = diámetro de polea menor.

$D$  = diámetro de la polea mayor.

$$\therefore E \geq 20 \text{ pulgadas}$$

Para este caso se elegirá una distancia entre centros de 30 pulgadas.

A continuación se aplica el procedimiento para la selección de transmisión de poleas según Martin Sprocket & Gear, Inc.:

Primeramente:

- Potencia del motor = 15 HP
- RPM de unidad motriz = 1800
- RPM de la máquina impulsada = 900
- Distancia entre centros aproximada = 30 pulgadas

Paso 1. Usando la fórmula a continuación, donde el factor de servicio es de 1.3 (Ver Tabla 1, Anexo I, pág. ):

*Potencia de diseño (HP) = Potencia del motor \* factor de servicio*

Ec. 4.2

*Potencia de diseño = 19.3 HP*

Paso 2. Con lo anterior, la sección de banda que puede trabajar bajo estas condiciones es (ver Tabla 2 y 3, Anexo I, pág. ):

- 3V, 3VX (Alta Capacidad)
- B, BX (Convencionales)

Para este caso se habrán de seleccionar bandas de sección B.

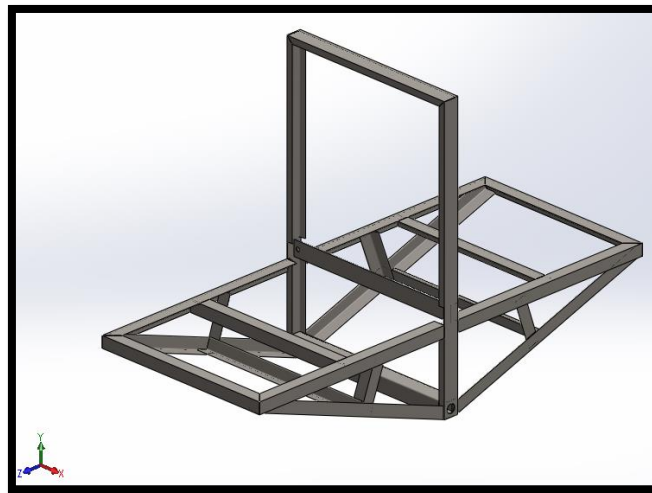
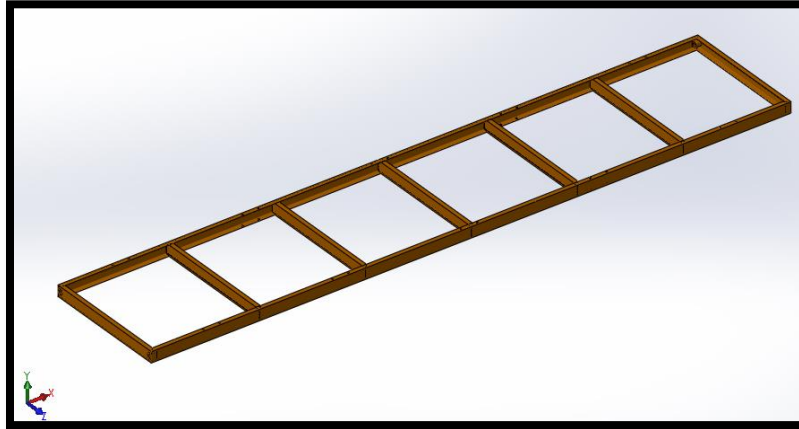
Paso 3. El diámetro mínimo de la polea motriz es de 4.4779 pulgadas (ver Tabla 4, Anexo I, pág. ), por lo tanto, es posible usar un diámetro menor de 8 pulgadas.

Paso 4.



#### 4.7 Diseño de bandas transportadoras.

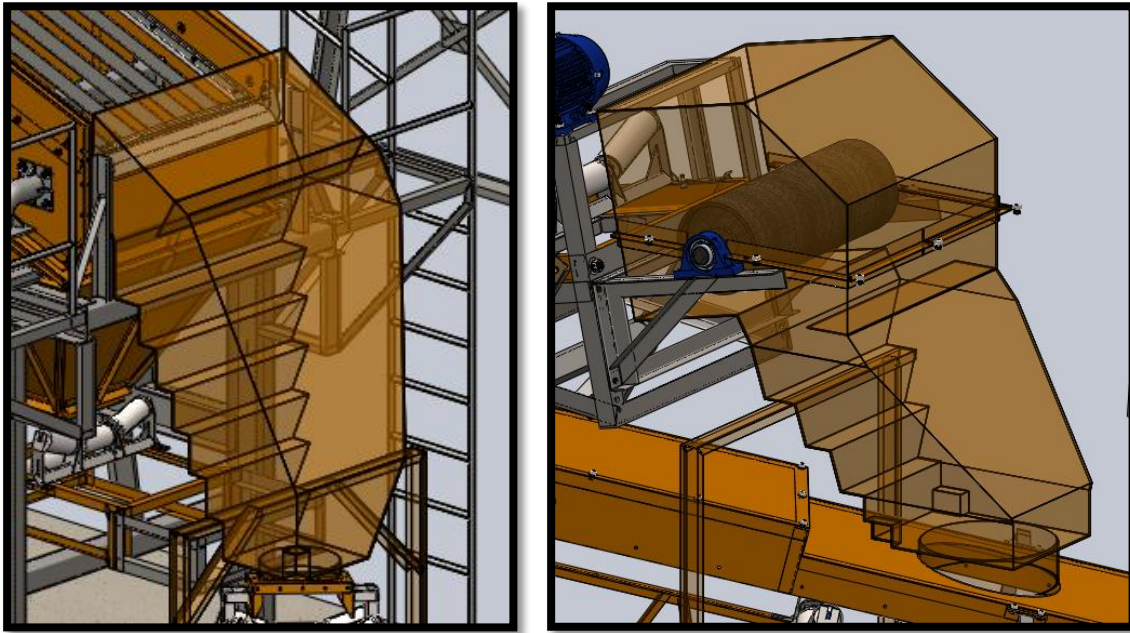
Para diseñar la estructura de la BT05 se optó por usar un esqueleto ligero pero resistente hecho con canal 4x5.4 y uniones construidas con el mismo canal y ángulo L3x3x0.25.



#### 4.8 Diseño de chutes de transferencia y cajones.

Los chutes diseñados, además de cumplir con la contención de los polvos, desempeñan una función más: transferir el material de banda a banda de manera

suave mediante el descenso del mismo por medio de escalones. Dichos escalones fueron diseñados para evitar que el material se apelmace y provoque atascamientos dentro de los chutes como se muestra en los siguientes ejemplos:



#### 4.9 Presupuesto.

El monto necesario para adquirir los materiales y los rodillos es de \$141,957.93, aunque se decide cerrar la cantidad en \$150,000.00 para cubrir cualquier imprevisto. El presupuesto se expresa de manera detallada en el documento de Presupuesto adjunto en este trabajo. Los costos fueron obtenidos en las tablas presentes en el Anexo 2, pág.

## 4.10 Memorias de cálculo.

### 4.10.1 Cálculo de correas.

$$\text{Tension centrifuga } F_{cf} = K_c \left( \frac{v}{1000} \right)^2 \dots (1)$$

$$\text{Fuerza transmitida por banda } \Delta F = \frac{63025 H_a / N_b}{n(d/2)} \dots (2)$$

$$F_1 = F_c + \frac{\Delta F \exp(f\phi)}{\exp(f\phi) - 1} \dots (3)$$

$$F_2 = F_1 - \Delta F \dots (4)$$

$$\exp[0.5123(2.8741)] = 4.35969$$

$$\text{De (1) } F_c = 0.965 \left( \frac{3769.91}{1000} \right)^2 = 13.7148 \text{ lb}_f$$

$$\text{De (2) } \Delta F = \frac{63025(19.3/2)}{1800(8/2)} = 84.471 \text{ lb}_f$$

$$\text{De (3): } F_1 = 13.7148 + \frac{84.471 * 4.35969}{4.35969 - 1} = \mathbf{123.328 \text{ lb}_f}$$

$$\text{De (4): } F_2 = 123.328 - 84.471 = \mathbf{38.8573 \text{ lb}_f}$$

$$F.S. = \frac{H_a N_b}{H * K_S} = \frac{13.75 * 2}{19.3} = \mathbf{1.4249}$$

$$F_{B_1} = \frac{K_B}{d} = \frac{576}{8} = 72 \text{ lb}_f \rightarrow T_1 = F_1 + F_{B_1} = 195.328 \text{ lb}_f$$

$$F_{B_2} = \frac{576}{16} = 36 \text{ lb}_f \rightarrow T_2 = F_2 + F_{B_2} = 159.328 \text{ lb}_f$$

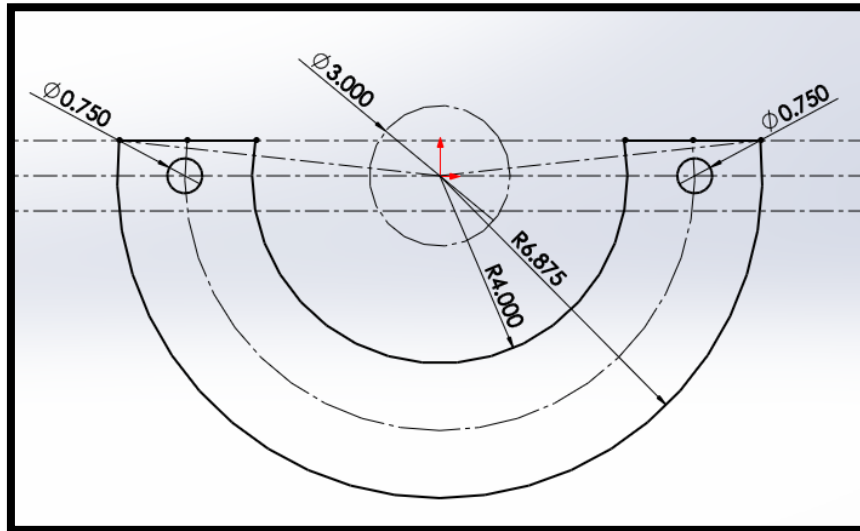
$$N_p = \left[ \left( \frac{K}{T_1} \right)^{-b} + \left( \frac{K}{T_2} \right)^{-b} \right]^{-1} - \left[ \left( \frac{1193}{195.328} \right)^{-10.926} + \left( \frac{1193}{159.328} \right)^{-10.926} \right]^{-1} = 3.4829(10^8) \text{ pasos}$$

Tiempo de vida:

$$t = \frac{N_p * L_p}{720 * v} = \mathbf{1260.7 \text{ hrs} = 525.195 \text{ dias}}$$

#### 4.10.2 Cálculo de contrapesos.

Para la elaboración de los contrapesos se decidió trabajar sobre placas de  $\frac{1}{2}$ " de acero ASTM A36 con las siguientes dimensiones:



Esta pieza posee con una masa de 3.34078622 kg y un centro de masa sobre el plano XY de [0,-3.2793] pulgadas.

Para conocer el torsor necesario para mover uno solo de estos contrapesos se tienen que:

$$\tau = I * \alpha$$

Donde:

$$I = m * r^2; r = 3.2793 \text{ pulg.} = 0.083292 \text{ m} \therefore I = 0.023177 \text{ kg} * \text{m}^2$$

$$\alpha = \frac{\pi * RPM}{30 * t}; RPM \cong 875 \therefore \alpha = 91.6298 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$$

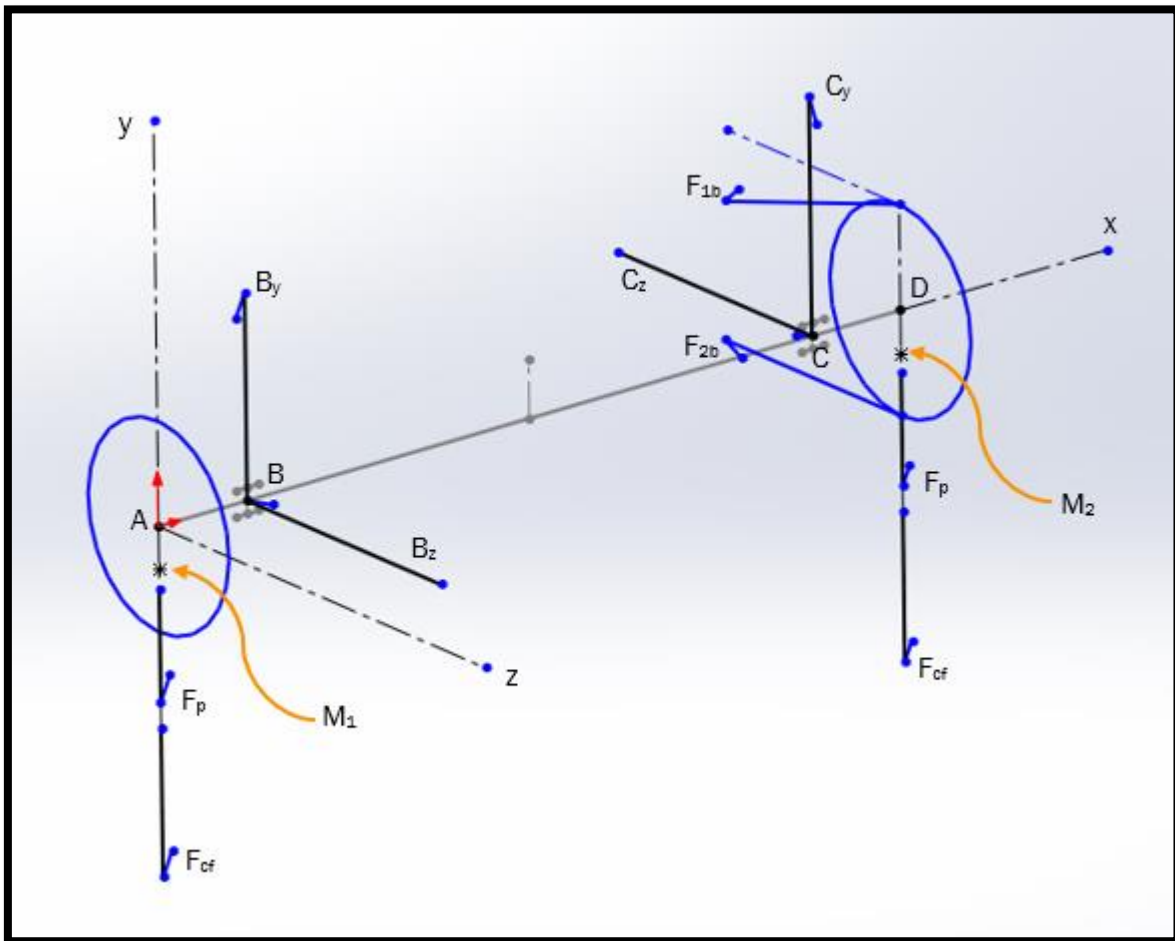
Entonces:

$$\tau = 2.1237 \text{ N} * m$$

Ahora bien, la fuerza centrífuga que ejercería un contrapeso sería de:

$$F_{cf} = 2336.28 \text{ N}$$

#### 4.10.3 Cálculo de eje.



$$AB = CD = 8 \text{ pulg.} = 0.2032 \text{ m}$$

$$BC = 51 \text{ pulg.} = 1.2954 \text{ m}$$

$$AM_1 = DM_2 = r_1 = r_2 = 0.08329227 \text{ m}$$

$$\omega = 91.6298 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$F_{cf} = M_1 * r_1 * \omega^2 = M_2 * r_2 * \omega^2 = 2336.283 \text{ N}$$

$$F_p = m_p * g; m_p = 18.84 \text{ kg} \therefore F_p = 184.82 \text{ N}$$

$$F_{1b} = 123.328 \text{ lb}_f = 548.5903 \text{ N}$$

$$F_{2b} = 38.8573 \text{ lb}_f = 172.8459 \text{ N}$$

$$\theta_D = \pi + 2\text{sen}^{-1} * \frac{D - d}{2C} = 210.932^\circ \therefore \alpha = \frac{\theta_D - 180}{2} = 15.466^\circ$$

Donde:

$M = \text{masa de contrapeso}$

$m_p = \text{masa de polea}$

$\theta_D = \text{arco de contacto}$

Cálculos:

$$F_{Dy} = (548.5903 - 172.8459)\text{sen}15.466^\circ + 4(2336.283) + 184.82 = \mathbf{9624.82 \text{ N} \downarrow}$$

$$F_{Dz} = (548.5903 - 172.8459)\text{cos}15.466^\circ = \mathbf{695.312 \text{ N} \leftarrow}$$

$$\begin{aligned} \sum M_B &= 0.2032i(-9345.13j - 184.82j) + 1.2954i(C_yj + C_zk) \\ &+ 1.4986i(-9624.82j - 695.312k) = 0 \end{aligned}$$

$$\sum M_B = -1898.93k + 1.2954C_yk - 1.2954C_zj - 14423.7553k + 1041.99j = 0$$

$$k: -1898.93 + 1.2954C_y - 14423.7553 = 0 \therefore C_y = \mathbf{12600.4981 \text{ N} \uparrow}$$

$$j: -1.2954C_z + 1041.99 = 0 \therefore C_z = \mathbf{804.381 \text{ N} \rightarrow}$$

$$\sum F = -9529.952j + B_y j - B_z k + 12600.4981j + 804.381k - 9624.82j - 695.312k = 0$$

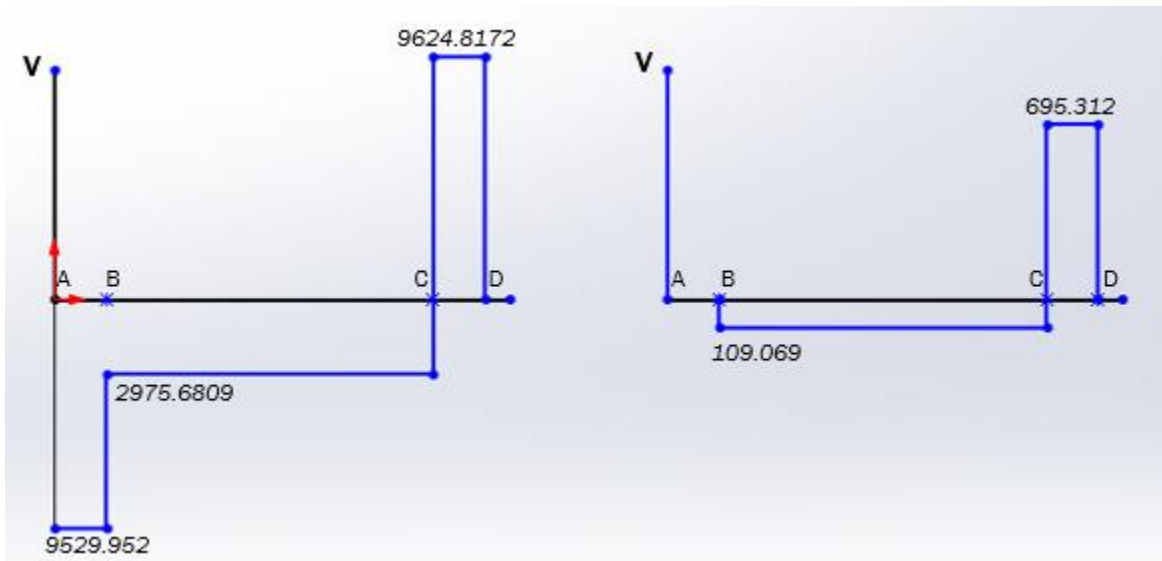
$$j: -9529.952 + B_y + 12600.4981 - 9624.82 = 0 \therefore B_y = 6554.2711 \text{ N } \uparrow$$

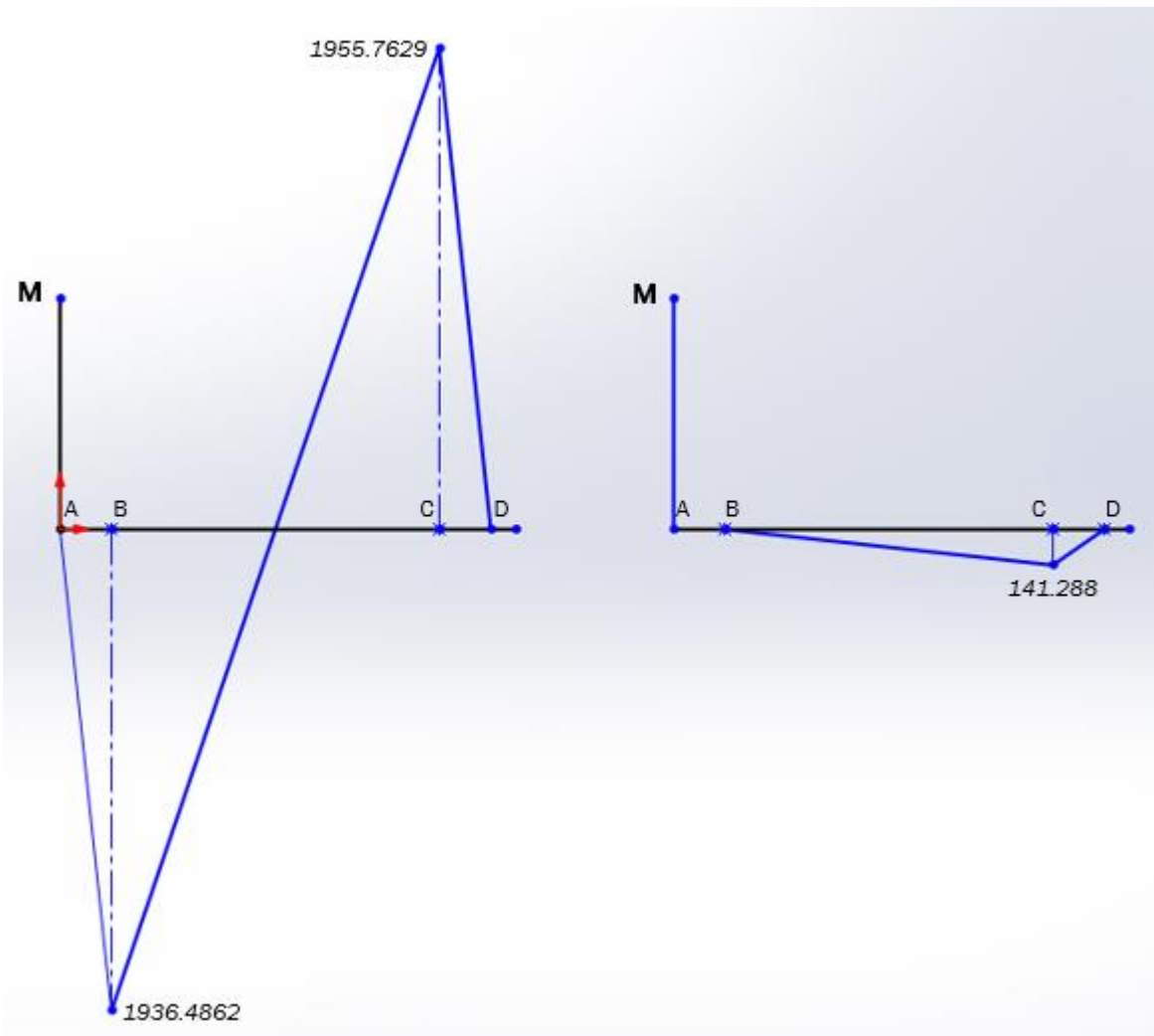
$$k: -B_z + 804.381 - 695.312 = 0 \therefore B_z = 109.069 \text{ N } \leftarrow$$

En base a las reacciones obtenidas se procede a elaborar los diagramas de cortante y de momento:

Plano xy

Plano xz





Momento total de flexión en B y C:

$$M_B = \sqrt{1936.4862^2 + 0^2} = 1936.4862 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$M_C = \sqrt{1955.7629^2 + 141.288^2} = 1960.8597 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Para el acero AISI 4140 recocido con  $S_y = 60 \text{ kg/mm}^2 = 588.402 \text{ N/mm}^2$  y un  $F. S. = 1$

Esfuerzo cortante máximo:



$$d = \left[ \frac{32 * n_s}{\pi * S_y} (M^2 + T^2)^{1/2} \right]^{1/3} = \left[ \frac{32 * 1}{\pi * 588.402E6} (1960.8597^2 + 122.073^2)^{1/2} \right]^{1/3}$$

$$d = 0.032399 \text{ m} = 1.2756 \text{ pulg.}$$

Energía de distorsión máxima:

$$d = \left[ \frac{16 * n_s}{\pi * S_y} (4M^2 + 3T^2)^{1/2} \right]^{1/3}$$

$$d = \left[ \frac{16 * 1}{\pi * 588.402E6} (4 * 1960.8597^2 + 3 * 122.073^2)^{1/2} \right]^{1/3}$$

$$d = 0.032394 \text{ m} = 1.27536 \text{ pulg.}$$

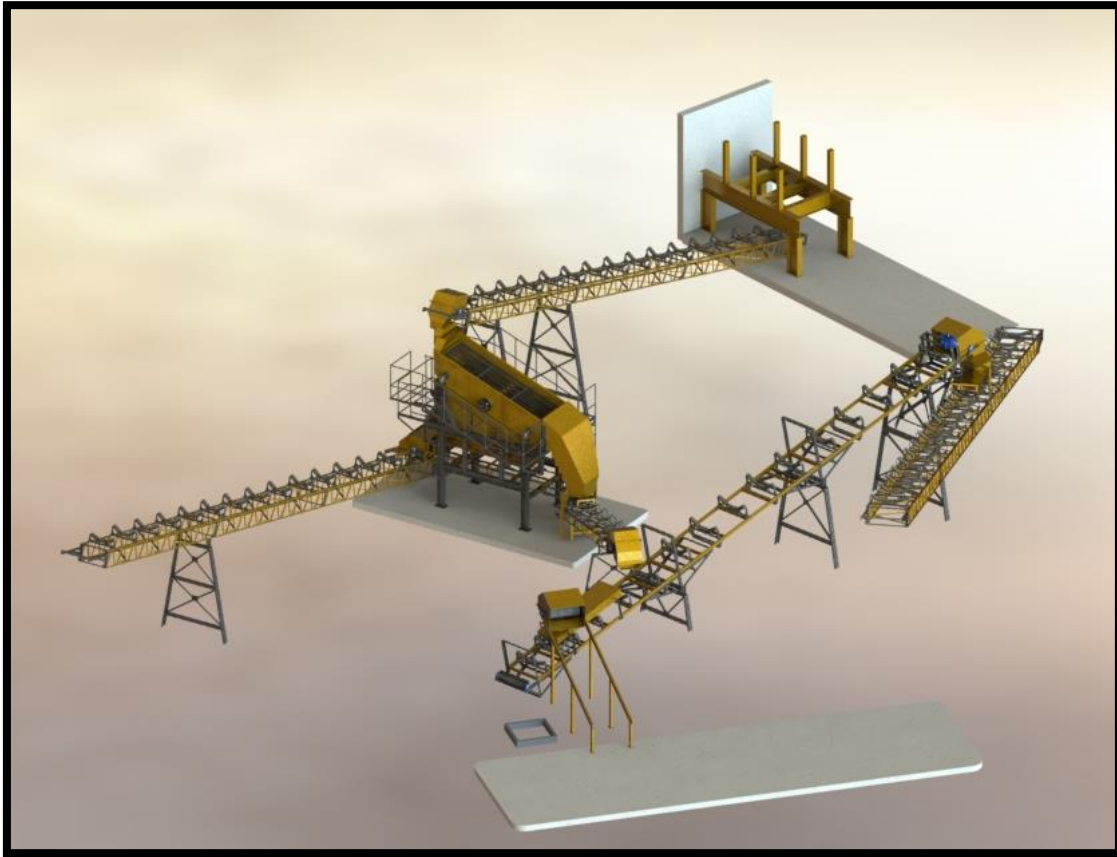
La intención del proyecto es aprovechar el eje con el que cuenta la criba fuera de servicio. La parte visible de este eje tiene un diámetro de 3 pulgadas. Por lo tanto, el eje en este punto cuenta con un  $F. S. = 2.35183$ . Por construcción, el eje será más grueso en la parte no visible y para las condiciones de trabajo a las que se sometería quizás este sobredimensionado, por lo que sería necesario un maquinado para la reducción de sus dimensiones y peso, aunque esto se sabrá hasta que la criba sea desmantelada.



# CAPÍTULO V

## 5.1 Resultados.

Después de los diseños elaborados se procedió a la colocación de los elementos en el plano, resultando en el siguiente macro ensamble (Ver Fig. 5.1):



*Fig. 5.1 Macro ensamble final.*

Siendo la criba vibratoria el elemento a destacar en el ensamble debido a que se maneja como referencia en la colocación de la tolva, las bandas y sus respectivos chutes de transferencia (Ver Fig. 5.2 y Fig. 5.3 pág. 83).



*Fig. 5.2 Criba vibratoria y sus elementos.*



*Fig. 5.3 Criba vibratoria.*

Para uno de los chutes de transferencia fue necesario la modelación en cartón para visualizar el comportamiento de material. La peculiaridad de este diseño fue el cambio de dirección en el flujo a  $90^\circ$  (Ver Fig. 5.4 y Fig. 5.5).

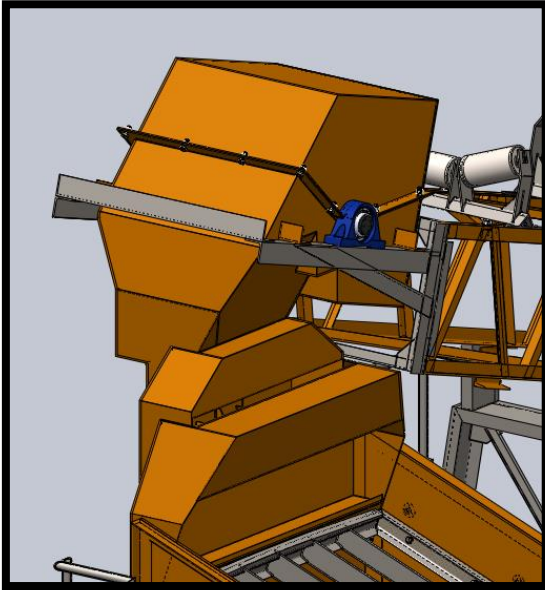


Fig. 5.4 Ubicación del chute.



Fig. 5.5 Chute de transferencia renderizado.

## 5.2 Conclusión.

Lo que se busca en cada proyecto de este tipo además de dar solución a las problemáticas inicialmente planteadas, es observar más allá de lo superficial y predecir situaciones que podrían comprometer el buen funcionamiento de la planta en este caso. Es por ello que cada uno de los detalles presentes en el diseño fue visualizando la realidad, imaginando y preguntándose el qué pasaría. Cada uno de los elementos que lo conforman tienen su razón de ser y cumplen una función específica en el diseño. En lo personal, el realizar la residencia en una empresa de este rubro fortaleció los conocimientos adquiridos en clases y el estar rodeado de personas que conoces acerca del tema ayuda en gran medida para el aprendizaje.



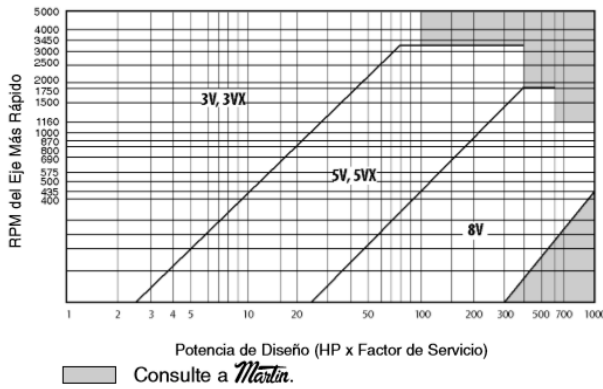
# ANEXOS

## ANEXO I. Tablas para el cálculo de bandas de transmisión.

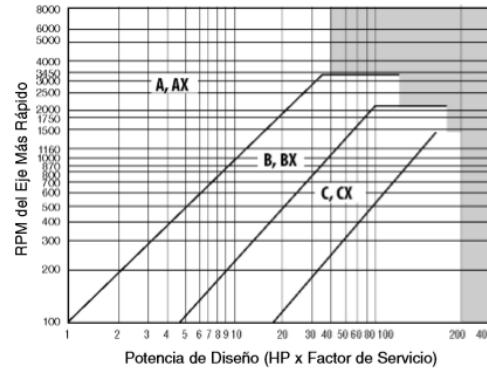
TABLA 1 — FACTORES DE SERVICIO						
<b>EL FACTOR DE SERVICIO CORRECTO ES DETERMINADO POR:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>El grado y frecuencia de las cargas pico.</li> <li>El número de horas de operación al año, divididas en un promedio de horas al día de servicio continuo.</li> <li>La categoría adecuada de servicio, (intermitente, normal o continuo). Seleccione aquella que más se aproxime a las condiciones de su aplicación.</li> </ol>		<b>SERVICIO INTERMITENTE — DE 1.0 A 1.5</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>Trabajo Ligero — No más de 6 horas al día.</li> <li>No debe exceder la carga promedio.</li> </ol> <b>SERVICIO NORMAL — DE 1.1 A 1.6</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>Servicio diario de 6 a 16 horas al día.</li> <li>Donde las cargas de arranque o pico no excedan el 200% de la carga total.</li> </ol> <b>SERVICIO CONTINUO — DE 1.2 A 1.8</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>Donde la carga de arranque o pico sea mayor en un 200% a la carga total o donde las cargas de arranque o pico y las sobrecargas ocurran frecuentemente.</li> <li>Servicio continuo 16 a 24 horas.</li> </ol>				
FACTORES DE SERVICIOS TÍPICOS						
TIPOS DE MÁQUINAS DE TRANSMISIÓN	TIPOS DE UNIDADES MOTRICES					
Los tipos de máquinas impulsadas aquí listadas son solo una muestra representativa. Seleccione el equipo que se aproxime más a su aplicación.  <b>SI SE UTILIZAN RUEDAS LOCAS, AÑADA LO SIGUIENTE AL FACTOR DE SERVICIO:</b>  Rueda Loca en el lado suelto (adentro)    Ninguno Rueda Loca en el lado suelto (afuera)    0.1 Rueda Loca en el lado apretado (adentro)    0.1 Rueda Loca en el lado apretado (afuera)    0.2	<b>MOTORES ELÉCTRICOS</b> AC Torque Normal Justo de Ardilla y Síncrono AC Fase Dividida DC Devanado en Derivación Motores de Combustión Interna			<b>MOTORES ELÉCTRICOS</b> AC Alto Torque AC HI-Fase Dividida AC Repulsión-Inducción AC Monofásico Devanado en Serie AC Anillo de Deslizamiento DC Devanado Compuesto		
	SERVICIO INTERMITENTE	SERVICIO NORMAL	SERVICIO CONTINUO	SERVICIO INTERMITENTE	SERVICIO NORMAL	SERVICIO CONTINUO
Agitadores para Líquidos Sopladores y Aspiradoras Bombas centrífugas y Compresoras Ventiladores hasta 10 HP Transportadores de Trabajo Ligero	1.0	1.1	1.2	1.1	1.2	1.3
Transportadores de Banda para arena, grano, etc. Amasadora Ventiladores de más de 10 HP Generadores Ejes de Línea Máquinas de Lavandería Máquinas-Herramientas Taladros, Prensas, Cortadores Máquinas de Imprenta Bombas Rotatorias de Desplazamiento Positivo Cribas Giratorias y Vibratorias	1.1	1.2	1.3	1.2	1.3	1.4
Máquinas para Ladrillos Elevadores de Cangilones Excitadores Compresores de Pistones Transportadores (Rastras, Helicoidales, Tablillas) Molinos de Martillos Hidropulpeo Bombas de Pistones Sopladores de Desplazamiento Positivo Pulverizadores Máquinas para Madera y Sierras Maquinaria Textil	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6
Quebradoras (Circulares-Mordaza-Rodillos) Molinos (Bolas, Rodillos) Grejas Calandrias de hule — Extrusoras — Molinos	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.6
Equipo con Ahogador	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0

**PARA UNA BUENA SELECCIÓN DE LA TRANSMISIÓN, UTILICE EL FACTOR DE SERVICIO CONTINUO.**

**TABLA 2 — Tabla de Selección para Bandas de Alta Capacidad**



**TABLA 3 — Bandas Convencionales**



**TABLA 4 — Diámetro Mínimo Recomendado para la Polea del Motor Eléctrico.**

POTENCIA DEL MOTOR HP	RPM DEL MOTOR					
	575	695	870	1160	1750	3450
.50	2.50	2.50	2.50	—	—	—
.75	3.00	2.50	2.50	2.50	—	—
1.00	3.00	3.00	2.50	2.50	2.25	—
1.50	3.00	3.00	3.00	2.50	2.50	2.25
2.00	3.75	3.00	3.00	2.50	2.50	2.50
3.00	4.50	3.75	3.00	3.00	2.50	2.50
5.00	4.50	4.50	3.75	3.00	3.00	2.50
7.50	4.25	4.50	4.50	3.75	3.00	3.00
10.00	6.00	5.25	4.50	4.50	3.75	3.00
15.00	6.75	6.00	5.25	4.50	4.50	3.75
20.00	8.25	6.75	6.00	5.25	4.50	4.50
25.00	9.00	8.25	6.75	6.00	4.50	4.50*
* 30.00	10.00	9.00	6.75	6.75	5.25	—
40.00	10.00	10.00	8.25	6.75	6.00	—
50.00	11.00	10.00	9.00	8.25	6.75	—
60.00	12.00	11.00	10.00	9.00	7.50	—
75.00	14.00	13.00	10.00	10.00	9.00	—
100.00	18.00	15.00	13.00	13.00	10.00	—
125.00	20.00	18.00	15.00	13.00	11.00	—
150.00	22.00	20.00	18.00	13.00	—	—
200.00	22.00	22.00	22.00	—	—	—
250.00	22.00	22.00	—	—	—	—
300.00	27.00	27.00	—	—	—	—

\*NOTA: Los datos indicados sobre la línea han sido sugeridos en la norma MG 1-3.16 y MG 1-3.16A de NEMA (National Electric Manufacturers Association). Los datos indicados debajo de la línea es información recopilada por la EEM (Electric Motors Manufacturers). En ambos casos los valores son conservadores ya que algunos motores y rodamientos pueden permitir el uso de poleas de menor diámetro. Consulte al fabricante del motor.





ANGULOS											DESIGUALES		
	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	1 3/4"	2"	2 1/2"	3"	3 1/2"	4"	6"	4 X 6	
1/8" LIGERO	\$12,700	\$12,500	\$12,500	\$12,500	\$12,500	\$12,200							3/8" \$13,300
	\$12,700	\$12,500	\$12,500	\$12,500									1/2" \$13,300
3/16"		\$12,500	\$12,500	\$12,500	\$12,500	\$12,200	\$12,200	\$12,200					
1/4"		\$12,500	\$12,500	\$12,500	\$12,500	\$12,200	\$12,200	\$12,200	\$12,200	\$12,200			
5/16"						\$12,200	\$12,200	\$12,200	\$12,200	\$12,200	\$12,200		
3/8"						\$12,200	\$12,200	\$12,200	\$12,200	\$12,200	\$12,200		
1/2"							\$12,200	\$12,200	\$12,200	\$12,200	\$12,200		
5/8"								\$12,200		\$12,200	\$12,200		
3/4"										\$12,200	\$12,200		
											\$12,200		
													PREGUNTE POR NUESTROS ANGULOS GRADO 50. MATERIAL BAJO PEDIDO

CANALES											TEE			
	3"	4"	6"	8"	10"	12"		3/4"	1"					
	\$12,400	\$12,400	\$12,400	\$12,400	\$13,000	\$13,200					1/8"	\$14,000 \$12,900		
VIGA IPS											ZETA			
	3"	4"	5"	6"	8"						1/8"	\$14,700		
	\$12,500	\$12,500	\$12,500	\$12,500	\$12,500									
REDONDOS														
	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"	1"	1 1/8"	1 1/4"	1 3/8"	1 1/2"	1 3/4"	2"	2 1/2"	3"
	\$11,200	\$11,100	\$11,100	\$11,100	\$11,100	\$11,100	\$11,100	\$11,100	\$11,100	\$11,100	\$11,100	\$11,100	\$11,200	\$13,500
CUADRADOS														
	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"	1"	1 1/8"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"			
	\$11,200	\$11,100	\$11,100	\$11,100	\$11,100	\$11,100	\$11,100	\$11,100	\$11,400	\$11,400	\$11,500	\$12,900		
CARAMELOS														
	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"	1"	1 1/8"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"			
	\$11,300	\$11,200	\$11,200	\$11,200		\$11,200								
		\$11,300												
VIGA IPR														
	G1 IPR STANDARD		\$12,600											
	G2 IPR IMPORTADA		\$12,900											
	G3 IPR PESADA		\$13,200											
TODAS LAS VIGAS SE VENDEN X PESO TEORICO														

TUBO											
	1/4"	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	3 1/2"	4"
NEGRO C-30		\$13,300	\$13,100	\$13,100	\$13,100	\$13,100	\$13,100	\$13,100	\$13,100	\$13,100	\$13,100
NEGRO C-40 C/R	\$203						\$872	\$1,081	\$1,377		\$1,969
NEGRO N/X C/R		\$137	\$188	\$272	\$387	\$439					
NEGRO C-40 S/R				\$275	\$387	\$449	\$571	\$911	\$1,181		\$1,678
NEGRO N/X S/R		\$118	\$157	\$233	\$313	\$372					
GALVANIZADO C-40 C/R		\$187	\$228	\$334	\$451	\$542	\$721	\$1,162	\$1,489		\$2,112
GALVANIZADO N/X		\$154	\$213	\$305	\$404	\$492			\$1,188		
INDUSTRIAL		\$17,200	\$15,500	\$15,500	\$15,500	\$15,500	\$15,500	\$15,500	\$15,500		\$17,200

Todos los C-40's y N/X El Precio es por Pza

TUBO ESTRUCTURAL					
	6"	8"	10"	12"	14"
C-40	\$14,400	\$16,500	\$16,700	\$16,700	\$16,700
1/4" STD	\$14,200				
1/4" C-20		\$16,500	\$16,700		
5/16" C-30			\$16,700		
3/8" STD				\$16,700	\$16,700

LOS PRECIOS EN ESTA TABLA SON POR PESO TEORICO

P.T.R.	
1 A 4 X 4 CC	\$13,100
1/4" 4 X 4	\$13,700

TUBO CUADRADO (HSS) A.R.					
	5 X 5	6 X 4	6 X 6	8 X 4	8 X 8
3/16"	\$14,100	\$14,100	\$13,300	\$13,300	\$13,300
1/4"	\$14,100	\$14,100	\$13,300	\$13,300	\$13,300

TIRA DE CORTINA						
	2.55	3.05	4.05	5.05	5.50	6.10
C24	\$18,000	\$18,000	\$18,000	\$18,000	\$18,000	\$18,000

Todo el HSS A.R se vende por peso teórico

PERFIL TUBULAR PINTADO	
PERFIL, DUELA, TABLERO 18, 20 y RIEL 1500	\$15,800
PERFIL CUADRADO Y RECTANGULAR 16 RF	\$15,800
C-050 Y R-050	\$16,800
CUADRADOS Y RECTANGULARES CAL. 10 al 14 RC	\$13,100
POLIN A.R. NEGRO Y PINTADO	\$14,800
POLIN C.C. NEGRO Y PINTADO	\$13,100

PERFIL TUBULAR GALVANIZADO	
PERFIL 16, 18, 20, RIEL 1500 Y TABLERO	\$17,000
TABLERO 22	\$17,400
CUADRADOS Y RECTANGULARES CAL. 14	\$16,800
DUELA	\$15,200



Haz más, ahorrando.

Selecciona tu tienda  
Mochis #8771

Localiza tu tienda | Servicios | Profesionales | Ayuda | MI CUENTA

Folleto | Blog | The Home Depot TV | Inspirate | Tips de Compra | Proyectos

DEPARTAMENTOS

¿Qué estás buscando?



HAZLO TÚ MISMO

PROMOCIONES

Departamentos > Ferretería > Ferretería general > Cadenas y accesorios

DEPARTAMENTOS

- Baños
- Cocina y Línea blanca
- Decoración
- Eléctrico
- Ferretería
- Automotriz



VEKER  
CABLE DE ACERO 3/8"

SKU: 466110

MESES SIN INTERESES

PRECIO PROMIADO BAJO

Antes: ~~26.00~~  
\$21.50

EXCLUSIVO EN TIENDA

VER DISPONIBILIDAD

AGREGAR A MI LISTA





**Fluid Control Mexico S de RL de CV**  
 www.fluidcontrolmx.com  
 ventas@fluidcontrolmx.com  
 Cell Center: 01 800 FLUID (35843)

**Matriz**  
 Boulevard Adolfo Ruiz Cortines 1428-B Periodistas  
 Villahermosa TAB  
 C.P. 86059 MX  
 RFC: FOM070911MM1

**Attn: TRITURADOS Y CONCRETOS DEL SURESTE S.A DE C.V**  
 CARRETERA VILLAHERMOSA NACAJUCA KM 5.3 BOSQUES DE SALOYA II  
 NACAJUCA TABASCO VER.

**Original OFERTA DE VENTA**

Número de documento: **8000669** Fecha de documento: **07/08/2014** Página: **1/2**

Número de deudor: **CVR-TR-20** RFC: **TCS050422KT9**

Su referencia: **TELEFONICO**

Su contacto: **VCZ-01, NORMA EDITH CRUZ R.**

Dirección entrega: **TRITURADOS Y CONCRETOS DEL SURESTE S.A DE C.V**  
 CARRETERA VILLAHERMOSA NACAJUCA KM 5.3 BOSQUES DE SALOYA II  
 NACAJUCA TABASCO VER  
 C.P. 86220 MX

Sucursal que Emite: **Coatzacoalcos, Ver.**

					Moneda: MXP	
Descripción	Cant.	U.M	Precio	Impuesto %	Total	
001 Banda Transportadora de 24" de ancho Item Code: VARIOS 3 Capas, espesor de 1/4" x 1/16".	42		790.00	16.00	33,180.00	
003 Banda Transportadora de 24" de ancho Item Code: VARIOS 3 Capas, espesor de 1/4" x 1/16". (T. de Entrega= 4 días)	52		790.00	16.00	41,080.00	
005 Grapa Tipo Placa 1-1/2" E 20004 Item Code: FL-20004 Mca. Flexco, Caja con 50 pz. (T. ENTREGA= INMEDIATA).	3	Pza	700.00	16.00	2,100.00	
<b>Costos adicionales</b> Clase de expedición:			Subtotal de la oferta:		76,360.00 MXP	
<b>Plazo de pago</b> Contado Cte			Total antes del impuesto:		76,360.00 MXP	
			Importe total del impuesto:		12,217.60 MXP	
			<b>Importe total:</b>		<b>88,577.60 MXP</b>	
Fin de validez de oferta 07/09/2014					Usuario: VENTAS COATZACOALCOS 1	