

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE COLECCIÓN PARA DISMINUIR EL NIVEL  
DE CONCENTRACIÓN DE POLVO EN EL ÁREA DEL EDIFICIO DE  
DESCARGA DE CAMIONES CONCENTRADOS DE ANGLOAMERICAN,  
PUERTO DE ILO - 2021”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL TÍTULO  
PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO**

**AUTOR: STEEVEN ARIOSTO LOAYZA ANGELES**

**ASESOR: MG. ILQUIMICHE MELLY JORGE LUIS**

**Callao, 2022**

**PERÚ**

Two handwritten signatures in blue ink are present on the right side of the page. The top signature is more legible and appears to be the author's name, while the bottom one is more stylized and likely the advisor's.

## **INFORMACIÓN BÁSICO**

**FACULTAD: FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ENERGÍA**

**ESCUELA PROF.: ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**TÍTULO: DISEÑO DE UN SISTEMA DE COLECCIÓN PARA DISMINUIR EL NIVEL DE CONCENTRACIÓN DE POLVO EN EL ÁREA DEL EDIFICIO DE DESCARGA DE CAMIONES CONCENTRADOS DE ANGLOAMERICAN, PUERTO DE ILO – 2021**

**EJECUTORES: LOAYZA ANGELES STEEVEN ARIOSTO**

**CODIGO: 1417120348**

**DNI: 76202181**

**ASESOR: ILQUIMICHE MELLY JORGE LUIS**

**ACTA DE EXPOSICIÓN DE INFORME DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL DEL I CICLO TALLER PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO E INGENIERO EN ENERGIA**

**LIBRO 001, FOLIO N° 145, ACTA N° 097 DE EXPOSICIÓN DE INFORME DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL DEL I CICLO TALLER PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO**

A los 25 días del mes setiembre del año 2022, siendo las **09:00 am horas**, se reunieron, en la meet: <https://meet.google.com/orf-nvrq-ctn>, el **JURADO DE EXPOSICION del I CICLO TALLER DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL 2022** para la obtención del TÍTULO profesional de Ingeniero Mecánico de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía, conformado por los siguientes docentes ordinarios de la Universidad Nacional del Callao:

- |                                       |   |            |
|---------------------------------------|---|------------|
| ▪ Dr. Tezen Campos Jose Hugo          | : | Presidente |
| ▪ Dr. Mamani Calla Pablo              | : | Secretario |
| ▪ Mg. Lizandro Bernaldo, Rosales Puño | : | Vocal      |
| ▪ Mg. Jorge Luis Ilquimiche Melly     | : | Asesor     |

Se dio inicio al acto de exposición de informe de trabajo para titulación del Bachiller **LOAYZA ANGELES STEEVEN ARIOSTO**, quien habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico sustenta su informe titulado **"DISEÑO DE UN SISTEMA DE COLECCIÓN PARA DISMINUIR EL NIVEL DE CONCENTRACIÓN DE POLVO EN EL ÁREA DEL EDIFICIO DE DESCARGA DE CAMIONES CONCENTRADOS DE ANGLDAMERICAN, PUERTO DE ILO - 2021"**, cumpliendo con la exposición en acto público, de manera no presencial a través de la Plataforma Virtual, en cumplimiento de la declaración de emergencia adoptada por el Poder Ejecutivo para afrontar la pandemia del Covid-19, a través del D.S. N° 044-2020-PCM y lo dispuesto en el DU N° 026-2020 y en concordancia con la Resolución del Consejo Directivo N° 039-2020-SUNEDU-CD y la Resolución Viceministerial N° 085-2020-MINEDU, que aprueba las "Orientaciones para la continuidad del servicio educativo superior universitario";

Con el quórum reglamentario de ley, se dio inicio a la sustentación de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente. Luego de la exposición, y la absolución de las preguntas formuladas por el Jurado y efectuadas las deliberaciones pertinentes, acordó: Dar por **APROBADO** con escala de calificación cuantitativa **16 (Dieciseis)** y calificación cualitativa **MUY BUENO** en el presente informe de **TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**, conforme a lo dispuesto en el Art. 27 del Reglamento de Grados y Títulos de la UNAC, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 099-2021-CU del 30 de Junio del 2021.

Se dio por cerrada la Sesión a las **9:40 am** del día 25 de setiembre del 2022

  
Dr. Jose Hugo Tezen Campos  
Presidente de Jurado

  
Mg. Pablo Mamani Calla  
Secretario de Jurado

  
Mg. Lizandro Bernaldo Rosales Puño  
Vocal de Jurado

  
Mg. Jorge Luis Ilquimiche Melly  
Asesor

# ÍNDICE

<b>ÍNDICE</b>	ii
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	iv
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	v
<b>RESUMEN</b>	vi
<b>ABSTRAC</b>	vii
<b>I. ASPECTOS GENERALES</b>	1
1.1. Objetivos	2
1.1.1. Objetivo General	2
1.1.2. Objetivos Específicos	2
1.2. Organización de la empresa o institución	2
1.3. Información Estratégica	3
1.3.1. Visión	3
1.3.2. Misión	3
1.3.3. Política de Calidad	3
1.3.4. Estructura Organizacional	4
<b>II. FUNDAMENTACIÓN DE LA EXPERIENCIA PROFESIONAL</b>	5
2.1. Antecedentes internacionales	5
2.2. Antecedentes Nacionales	7
2.3. Marco teórico	8
2.3.1. Concentrado de minerales	8
2.3.2. Procedimiento de obtención de los concentrados de minerales	9
2.3.3. Concentrado de minerales en almacenes portuarios	12
2.3.4. Concentración de polvo	12
2.3.5. Efectos generados por el proceso de descarga en almacenes	14
2.3.6. Sistema de Colección de Polvo	15
2.4. Descripción de las actividades desarrolladas	20
<b>III. APORTES REALIZADOS</b>	35
3.1. Dimensionamiento de Elementos de Captación	35
3.2. Dimensionamiento del Sistema de Conductos	39
3.3. Selección del Colector de Polvo	42
3.4. Selección Ventilador Centrífugo	48
Reemplazando lo valores calculados en la ecuación 18:	52
3.5. Cálculo y Dimensionamiento de Soportes Estructurales	52

<b>IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES</b>	56
4.1. Discusiones	56
4.2. Conclusiones	59
<b>V. RECOMENDACIONES</b>	60
<b>VI. BIBLIOGRAFÍA</b>	61
<b>ANEXOS</b>	63

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Tamaño de Elementos Contaminantes	13
<b>Tabla 2.</b> Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental de Aire.	14
<b>Tabla 3.</b> Clasificación Ventiladores Industriales	18
<b>Tabla 4.</b> Especificaciones de la Condición del Sitio	20
<b>Tabla 5.</b> Frecuencia de Operación del Edificio de Descarga de Camiones	20
<b>Tabla 6.</b> Características del Concentrado	21
<b>Tabla 7.</b> Características Principales de los Equipos	21
<b>Tabla 8.</b> Especificaciones para diseño estructural	22
<b>Tabla 9.</b> Eficiencia de los Colectores de Polvo	26
<b>Tabla 10.</b> Valores recomendados para la velocidad de captura en campanas	36
<b>Tabla 11.</b> Valores recomendados para velocidad de conductos	40
<b>Tabla 12.</b> Dimensionamiento de sistema de conductos respecto a cada tramo	41
<b>Tabla 13.</b> Número de renovaciones por hora de acuerdo con el tipo de local	42
<b>Tabla 14.</b> Especificaciones de los Elementos de Captación	43
<b>Tabla 15.</b> Factor de Material	44
<b>Tabla 16.</b> Factor de Aplicación	45
<b>Tabla 17.</b> Especificaciones de las mangas de tela de Poliéster Glaseado	46
<b>Tabla 18.</b> Especificaciones Colectores de Polvo Modelo FT	47
<b>Tabla 19.</b> Trazado de Red de Conductos	50
<b>Tabla 20.</b> Cálculo de Pérdidas de Carga del Sistema	51

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Organigrama de la Empresa Americorp Group SAC	4
<b>Figura 2.</b> Procedimiento de Flotación	10
<b>Figura 3.</b> Proceso de Lixiviación en Pilas	11
<b>Figura 4.</b> Separador de tambor seco	11
<b>Figura 5.</b> Campanas y Sistema de Conductos en Laboratorios - Impala Terminals	19
<b>Figura 6.</b> Vista de Planta del Edificio de Recepción de Camiones	22
<b>Figura 7.</b> Vista Frontal del Edificio de Recepción de Camiones	23
<b>Figura 8.</b> Vista Lateral del Edificio de Recepción de Camiones	23
<b>Figura 9.</b> Vista Lateral de la Ampliación del Edificio de Recepción de Camiones	24
<b>Figura 10.</b> Vista Frontal de la Ampliación del Edificio de Recepción de Camiones	24
<b>Figura 11.</b> Proceso de descarga del concentrado de cobre	27
<b>Figura 12.</b> Recomendación de la distribución de los elementos de captación	28
<b>Figura 13.</b> Extracción de polvo concentrado en faja receptora	29
<b>Figura 14.</b> Instalación adecuada del elemento de captación en fajas transportadoras	30
<b>Figura 15.</b> Principios de diseño de conductos	31
<b>Figura 16.</b> Distribución del sistema de conductos y elementos de captación	31
<b>Figura 17.</b> Diagrama de Flujo del Sistema de colección de Polvo	34

## RESUMEN

El procedimiento de descarga, almacenamiento y embarque del concentrado de minerales en los almacenes portuarios de las unidades mineras, generan una gran cantidad de concentración de polvo a causa de la liberación de partículas que se origina por el proceso ocasionando enfermedades e infecciones respiratorias de los trabajadores y personas alrededor.

El propósito del proyecto fue diseñar un sistema de colección para disminuir dicha concentración de polvo en los almacenes de concentrados de la mina Angloamerican ubicado en el puerto de Ilo. La finalidad es contribuir con el bienestar de los trabajadores y personas del puerto preservando su salud y permitiendo un mejor desarrollo en sus actividades; a la par, permitirá evitar pérdidas económicas a la mina debido al incremento en la vida útil de los componentes y equipos del almacén de concentrados.

La metodología empleada fue de tipo analítico – sintético, en la cual se diseñó un sistema de colección de polvo seleccionando el tipo filtros de manga con sistema Pulse Jet de modelo 252FT12. Para esto se determinaron los puntos más críticos de generación de polvo, dimensionando los elementos de captación apropiados, el dimensionamiento del sistema de conductos y correcta distribución, el cálculo de las pérdidas de carga generadas por la fricción longitudinal, accesorios y uniones con lo cual se obtuvo la presión estática del sistema permitiendo seleccionar el ventilador centrífugo más adecuado para una eficiente operatividad del sistema de colección de polvo.

Del proyecto desarrollado se concluye que el diseño del sistema de colección de polvo opera en condiciones óptimas, debido a que la recolección del material más pequeño tiene un tamaño de 19  $\mu\text{m}$  y el diseño fue proyectado para condiciones de operatividad más críticas considerando la captación de materiales particulados de tamaño comprendidos entre 10  $\mu\text{m}$  (PM10) a 2.5  $\mu\text{m}$  (PM2.5), por lo cual el sistema de colección presenta una eficiencia de filtración del 99.9%.

**Palabras clave:** Sistema de colección, concentración de polvo, concentrado de cobre, edificio de descarga de camiones.

## ABSTRAC

The procedure of unloading, storage, and shipment of the mineral concentrate in the port warehouses of the mining units, generates a large amount of dust concentration due to the release of particles that originates from the process, causing diseases and respiratory infections of the workers and people around.

The purpose of the project was to design a collection system to reduce the concentration of dust in the concentrate warehouses of the Angloamarican mine located in the port of Ilo. The purpose is to contribute to the well-being of the workers and people of the port, preserving their health and allowing a better development in their activities; At the same time, it will avoid economic losses to the mine due to the increase in the useful life of the components and equipment of the concentrate warehouse.

The methodology used was of the analytical-synthetic type, in which a dust collection system is broken by selecting the type 252FT12 Pulse Jet system bag filters. For this, the most critical points of dust generation will be reduced by sizing the appropriate collection elements, the sizing of the duct system, distributing them in a way that optimizes the system according to the recommendations of the Industrial Ventilation Manual, calculating the load losses generated by longitudinal friction, accessories and joints with which the dynamic pressure of the system was obtained, select the most suitable centrifugal fan for an efficient operation of the dust collection system.

From the developed project it is concluded that the design of the dust collection system operates in optimal conditions, because the collection of the smallest material has a size of 19  $\mu\text{m}$  and the design was projected for more critical operating conditions considering the collection of materials. particles of intermediate sizes between 10  $\mu\text{m}$  (PM10) to 2.5  $\mu\text{m}$  (PM2.5), for which the collection system has an efficiency of 99.9%.

Keywords: Collection system, dust concentration, copper concentrate, truck unloading building.

## **I. ASPECTOS GENERALES**

En el proceso de descarga y almacenamiento de concentrado de minerales pulverizados, se encuentra la presencia de partículas mineralizadas en cantidades significativas y permanentes; generando en su descarga, una gran cantidad de polución en los almacenes de concentrado. Esta polución es una de las principales causas de infecciones en el sistema respiratorio y de la contaminación ambiental, generando grandes pérdidas a las empresas mineras.

Para solucionar esta problemática, se requiere diseñar un adecuado sistema de colección de polvo mineralizado para su control y reducción, teniendo como base las condiciones del lugar, características del tipo de polvo, los parámetros de operación, cálculo del caudal de operación, el criterio de diseño estructural y criterio de diseño del proceso. Alineado con las normativas correspondientes para el diseño y de acuerdo con los requerimientos y consideraciones de la ingeniería preliminar elaborada por el cliente.

Agloamerican viene desarrollando un proyecto de gran envergadura con nombre Quellaveco, es uno de los cinco yacimientos de cobre más grandes del mundo; localizado en la región Moquegua, al sur del Perú. Será una mina a tajo abierto y con proceso de flotación para producir concentrados de cobre, así como molibdeno, el presente trabajo será desarrollado en el área 5800, denominado como: "Puerto de embarque en el almacén de concentrados", este almacén de concentrados tiene una capacidad de almacenamiento de 80 mil toneladas para la descarga de cobre concentrado y adicionalmente, una faja transportadora cerrada capaz de mover 1,200 toneladas por hora.

El presente proyecto se enfocará en resolver la disminución de la concentración de polvo en el proceso de descarga y almacenamiento del concentrado de cobre del edificio de descarga de camiones concentrados, a partir del diseño de un sistema de colección de polvo, climatización adecuada del almacén y un sistema automatizado de control de apertura y hermetizado de este, para la entrada y salida de los camiones de descarga.

Para el desarrollo del proyecto, se hizo uso del software SAP 2000 para determinar el cálculo de cargas de los soportes estructurales y el método LRFD.

## **1.1. Objetivos**

### **1.1.1. Objetivo General**

Diseñar un sistema de colección para disminuir el nivel de concentración de polvo en el área del edificio de descarga de camiones concentrados de Angloamerican.

### **1.1.2. Objetivos Específicos**

- Dimensionar los elementos de captación para reducir el nivel de concentración de polvo en el área del edificio de descarga de camiones concentrados.
- Dimensionar el sistema de conductos para reducir el nivel de concentración de polvo en el área del edificio de descarga de camiones concentrados.
- Seleccionar el colector de polvo adecuado para disminuir el nivel de concentración de polvo en el área del edificio de descarga de camiones concentrados.
- Seleccionar el ventilador centrífugo para disminuir el nivel de concentración de polvo en el área del edificio de descarga de camiones concentrados.
- Diseñar los soportes del colector de polvo para reducir el nivel de concentración de polvo en el área del edificio de descarga de camiones concentrados.

## **1.2. Organización de la empresa o institución**

AMERICORP GROUP SAC, es una empresa especializada en soluciones de ingeniería y sostenibilidad ambiental, en temas referidos al control de polución y gases, tratamiento de aguas residuales, gestión de residuos, manejo de minerales y procesamiento de estos a través de servicios de ingeniería, tecnologías innovadoras y proyectos EPC, EPCM. Con más de 15 años de experiencia, se ha consolidado una posición en Latinoamérica, siendo referente en los principales proyectos del sector minero e industrial, aportando un nivel de innovación y profesionalismo muy alineado con las estrategias de desarrollo y

exigencia de los clientes. AMERICORP trabaja con representantes y socios tecnológicos, como; DONALDSON TORIT, BOSSTEK, GARDNER DENVER, SOLER & PALAU, HOWDEN, SKAKO, CAMFIL y la implementación de su propia marca; AMERICORP PLUS, garantizando el respaldo de cada proyecto ejecutado de la mano con la amplia experiencia y el conocimiento de la realidad peruana, con lo cual permite otorgar al cliente un valor agregado para el desarrollo de sus operaciones.

### **1.3. Información Estratégica**

#### **1.3.1. Visión**

Es ser la empresa en excelencia en Medio Ambiente, Salud y Seguridad (EHS) como un valor fundamental, comprometiéndonos con la eficiencia y eficacia en reducir los impactos ambientales y la conservación de energía, con la innovación y tecnología en el diseño de los sistemas y equipos de control ambiental, al tiempo que proporcionemos lugares de trabajo seguros, saludables y que cumplen con las normas para nuestros empleados y visitantes.

#### **1.3.2. Misión**

Es aportar al desarrollo de sostenibilidad ambiental mediante el suministro de equipos, sistemas y servicios que controlen la polución que afecta las enfermedades respiratorias en las personas, comunidades y la contaminación ambiental, ofreciendo la solución de más bajo costo, en el menor tiempo y aprovechando los recursos técnicos de cada lugar.

#### **1.3.3. Política de Calidad**

La Política de Calidad es el propósito de AMERICORP. Expresa las metas y las aspiraciones que deben ser alcanzadas. Además, esta proporciona el alcance necesario para determinar objetivos específicos de calidad y ofrece el compromiso para el cumplimiento de los requisitos del Sistema de Gestión de la Calidad y la mejora continua de la eficiencia de nuestro sistema.

Americorp Group SAC se compromete a cumplir con su misión, considerando:

- Satisfacer las necesidades de nuestros clientes a través del cumplimiento de sus requisitos.

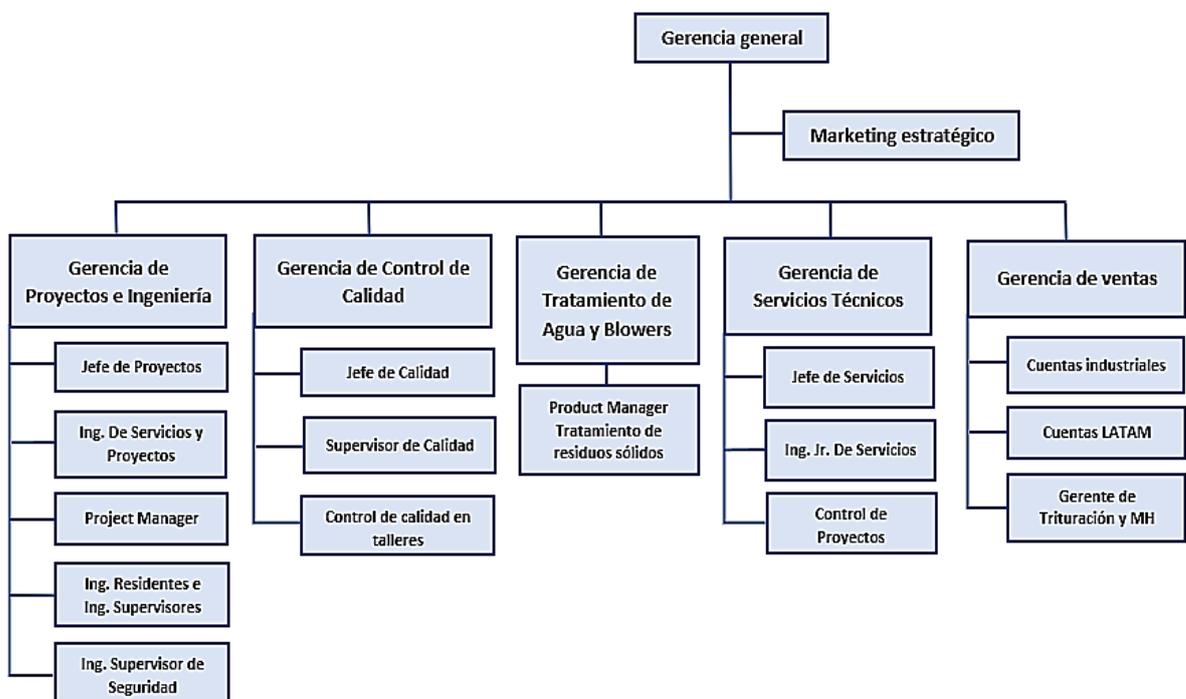
- Contar con personal comprometido, capacitado y competente en la realización de nuestros servicios.
- Conocer y cumplir con los requisitos legales y reglamentarios que resulten de aplicación a nuestros servicios.
- Compromiso con la mejora continua de todos los procesos relacionados con nuestros servicios ofrecidos.

Así mismo, es responsabilidad de la Alta Dirección de AMERICORP GROUP SAC, que esta Política de la Calidad sea difundida a las partes interesadas de la organización y asegurar que la misma sea entendida y aplicada entre nuestros colaboradores.

### 1.3.4. Estructura Organizacional

Americorp está compuesta por departamentos que garantizan la correcta ejecución de los trabajos y propósitos con la finalidad de satisfacer las necesidades de los clientes.

**Figura 1.** Organigrama de la Empresa Americorp Group SAC



Fuente: AMERICORP GROUP SAC

## **II. FUNDAMENTACIÓN DE LA EXPERIENCIA PROFESIONAL**

### **2.1. Antecedentes internacionales**

Según Galíndez, M. en su tesis titulada “Cálculo y diseño de filtro de mangas (tipo Pulse Jet)” de la Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Villa María, Argentina. Enfoca su estudio en el procesamiento de blanchado del maní en el que enfatiza y considera que el parámetro preliminar para el diseño de sistemas de filtración, requiere principalmente el conocimiento de las propiedades y las condiciones operativas del producto el cual se desea filtrar, con estos parámetros, se obtendrá la selección más adecuada de la media filtrante y la relación aire tela en función a la relación de la temperatura de operación, diámetro de partícula, densidad del material, factor de aplicación y factor de material, con esta relación y el caudal de aire requerido para la extracción, se obtiene el área filtrante y el número de filtros con el cual procede a seleccionar el filtro de mangas con sistema Pulse Jet. Para el dimensionamiento del sistema de conductos, lo realizó con el método de equilibrio por compuertas en la cual considera una velocidad mínima de transporte y con el caudal de aire requerido, procede al dimensionamiento de los ductos, luego procedió a calcular todas las pérdidas de presión de los ramales principales y secundarios considerando el ramal que ofrece mayor resistencia para la selección del ventilador adecuado (2018).

De lo expuesto por Guerrero para la obtención de su título profesional con nombre “Evaluación del control de emisiones de polvo en el área de la dosificadora de Clinker y reducción del impacto local negativo a la salud de los trabajadores de la planta de molienda Holcim Latacunga” de la Universidad Estatal de Milagro, Ecuador. Evalúa las implicancias y el impacto que generan las emisiones de polvo en el proceso de producción de una cementera de la planta de molienda Holcim Latacunga, enfocándose en el área de operación de la Dosificadora de Clinker. Las emisiones que se producen en dicho proceso no solo están perjudicando el medio ambiente, también a los trabajadores que laboran en la planta de molienda con enfermedades respiratorias que pueden conllevar a la muerte sin un tratamiento adecuado ni las prevenciones

necesarias. La presente evaluación deja como conclusión la propuesta de la instalación de un colector de polvo actualizado en las áreas más críticas del dosificador, la concientización del personal sobre el impacto que generan las emisiones polvo de partículas de sílice de la planta, además comenta respecto a las fábricas de cemento en general sobre los procesos de filtrado de polvo en diversos equipos son ineficientes debido al gran incremento de producción de cemento (2014)

De acuerdo con la investigación de Niveló y Ugalde, desarrollada en su tesis "Diseño de un sistema de extracción de polvo para la empresa INSOMET (división TELARTEC, productora de telas de poli-algodón); perteneciente al Grupo Empresarial Gerardo Ortiz Cía. Ltda.". Realizaron un muestreo de análisis de aire para determinar la cantidad de emisiones de polvo que se propaga al aire debido al proceso productivo en la planta de los 60 telares, en la cual encontraron material particulado menor a  $10\ \mu\text{m}$  (PM10) en la entrada y en la parte final del área de las tejedoras, la cual supera los estándares de las normas de calidad, siendo este el causante de enfermedades pulmonares de los trabajadores y perjudicando la salud de estos y la producción de la industria por las constantes inasistencias. Para la selección del tipo de filtro más adecuado, se enfocaron en las tablas establecidas de acuerdo a la tecnología y la descripción específica de operación. Ellos optaron de tomar como referencia la industria de producción de harina, ya que sus características son similares al de la emisión de telas. El flujo volumétrico requerido para la extracción lo determinaron con la relación del flujo másico de las partículas y el flujo másico del aire a extraer, considerando un 15% de pérdidas. Para la selección de campanas de captura, determinaron que, de acuerdo al sistema de extracción, el tipo de campana más recomendable son las receptoras, las cuales determinaron el caudal de captación de cada una de estas en función a la relación de la distancia de la campana a la fuente del contaminante, la sección de la campana, velocidad de captura optando por el valor de 0.7 m/s (2011).

## 2.2. Antecedentes Nacionales

De acuerdo con lo expuesto por Moran y Salinas en su tesis titulada “Diseño de un Sistema de Despolvorización de Filtro de Mangas para Reducir el Nivel de Concentración de Polvo en el Área de Chancado de una Unidad Minera”. Cuyo objetivo de esta investigación es resolver la deficiente calidad ambiental en el área de chancado de una unidad minera a causa de la presencia de abundantes concentraciones de polvo mineralizado. El estudio se desarrolló basado en la metodología analítica - sintético, llegándose a reducir el nivel de concentración de polvo de  $35 \frac{gr}{m^3}$  a  $0.091 \frac{gr}{m^3}$  en el área de estudio, esto lograron a través de un conjunto de procedimientos basándose en las recomendaciones del Manual de Ventilación Industrial y normativas correspondientes al diseño de colección de polvo. Para esto procedieron con el dimensionamiento de las campanas a través de la determinación de caudal de captación de cada punto de extracción (faja transportadora, zaranda vibratoria, chancadora cónica), seleccionaron la velocidad de captura de 1.5 m/s para las transferencias en fajas y 2 m/s en zarandas y chancadoras; con este cálculo procedieron a determinar el largo y ancho de las campanas. El dimensionamiento de los ductos lo realizaron alineados a las recomendaciones del Manual de Ventilación, en la cual seleccionaron una velocidad de 20 m/s, ya que consideraron que el material a recolectar es polvo pesado, mediante la ecuación de continuidad en la cual el caudal de entrada determinado en las campanas de captura, se conserva hacia el ingreso del ducto, obtuvieron el diámetro teórico del ducto correspondiente a cada ramal, luego realizaron una corrección por facilidades de la manufactura de estos recalculando la velocidad real de captura (2021).

Según Pampa, en su tesis titulada “Desarrollo de un Sistema de Desempolvado para la Línea de Transporte de Cemento” cuya finalidad de esta investigación fue resolver la problemática de generación de polvo de cemento producido por la descarga de material de equipos y silo para almacenarlos, este material procesado impacta negativamente al medio ambiente y genera pérdidas en la producción. De acuerdo con el estudio efectuado, determinó 3 puntos de captación de polvo, la cual determinó los caudales de extracción y seleccionó dos equipos de filtración de 1400 CFM para un punto y 1700 CFM para los dos

restantes. El cálculo de la caída de presión del sistema desempolvado, lo ejecutó de acuerdo a las recomendaciones del Manual de Ventilación Industrial de la tabla de cálculos de caída de presión, en la cual indica que el punto de partida son los de captación del material el cual seguirá por el ramal que presente mayor caída de presión, igualando el de menor presión con el mayor, así se prosigue con la sumatoria en todos los puntos, considerando las pérdidas por conexas, accesorios y reducciones hasta el ingreso del ventilador. Consideró que la caída de presión en cada punto de los ductos es en función a: la forma geométrica de succiones con la relación de la velocidad y presión dinámica, factor de radio de conductos circulares, factor de pérdida en codos a través de la relación R/D, factor de pérdida de entradas en ramales acuerdo al ángulo de estos (2020).

En lo expuesto por Sarmiento, en su tesis denominada “Diseño de un sistema de colección de polvo para chancado secundario en una planta concentradora de cobre” la elaboración del estudio tiene por finalidad menguar la concentración de polvo en el chancado secundario de  $140,000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a través de la captación de cinco puntos de captación mediante la instalación de un sistema de colección de polvo en los cuales determinó el caudal requerido de extracción permitiéndole dimensionar las campanas y sistema de conductos basándose en las recomendaciones del Manual de Ventilación Industrial. Para el diseño de los soportes estructurales lo realizó a base de la combinación de cargas de acuerdo a lo estipulado en la norma técnica peruana E.020 y la metodología LRFD en la cual se definen las cargas vivas, muertas y sísmicas, la combinación más desfavorable de cargas, restricción de traslación – rotación, la definición del material y selección de perfiles estructurales, siendo el perfil de mayor ratio de esfuerzo el HSS4 X 4 X 1/4. El cálculo, selección de perfiles y simulación lo ejecutó utilizando el software SAP 2000 (2020).

## **2.3. Marco teórico**

### **2.3.1. Concentrado de minerales**

Se denomina como concentrado de minerales al producto que ha sido sometido a diversos procesamientos a través de métodos para la separación del mineral

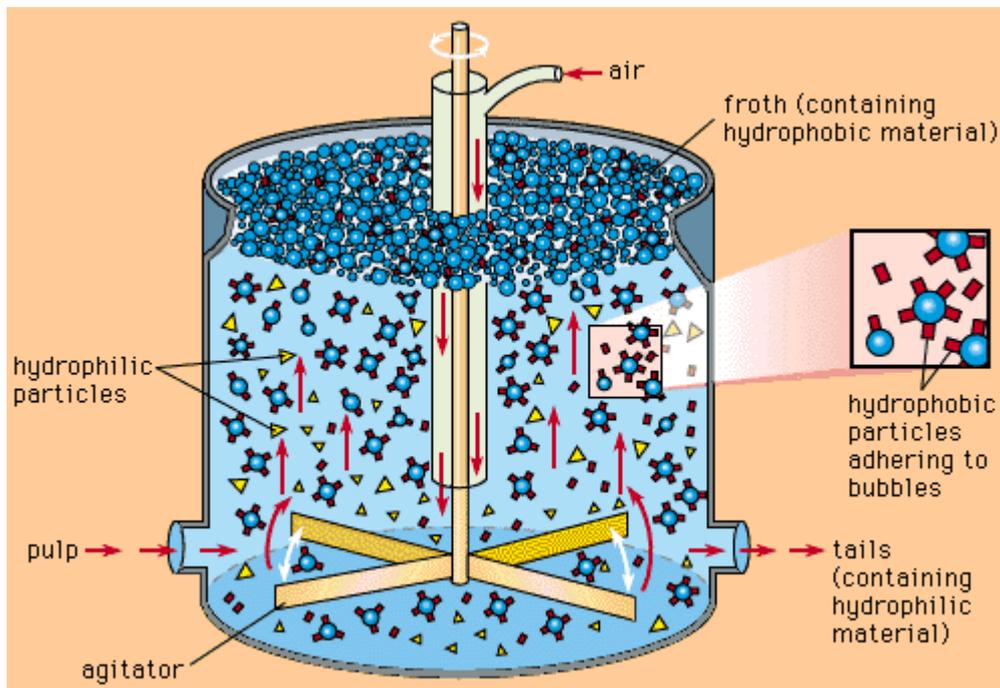
o metal de utilidad, de la ganga. Esta separación se hace mediante procesos como la gravimetría, flotación, lixiviación, magnética, entre otros. La denominación de los concentrados se realiza con respecto al metal que presente la mayor cantidad, dicho esto, no necesariamente serán productos metálicos, también pueden ser concentrados de cobre, zinc, plomo, etc., ya que también puede poseer otros elementos como materiales residuales. Es de suma importancia saber que el contenido de los concentrados no posee la misma proporción en sus elementos, porque esto depende del lugar de extracción, es decir, cada yacimiento tiene sus propias características geográficas, geológicas y topográficas. Esto nos lleva a la conclusión que cada concentrado presentará un grado de concentración distinto. (Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía - SNMPE, 2015)

### **2.3.2. Procedimiento de obtención de los concentrados de minerales**

#### **➤ Flotación**

La flotación es el método más utilizado para la concentración de minerales de grano fino. Aprovecha las diferentes propiedades fisicoquímicas de la superficie de los minerales, en particular su humectabilidad, que puede ser una propiedad natural o modificada artificialmente por reactivos químicos. Al alterar las condiciones hidrofóbicas (que repelen el agua) o hidrofílicas (que atraen el agua) de sus superficies, las partículas minerales suspendidas en agua pueden ser inducidas a adherirse a las burbujas de aire que pasan a través de una celda de flotación o a permanecer en la pulpa. Las burbujas de aire pasan a la superficie superior de la pulpa y forman una espuma que, junto con los minerales hidrófobos adheridos, puede eliminarse. Los relaves, que contienen los minerales hidrofílicos, pueden retirarse del fondo de la celda. La flotación hace posible el procesamiento de minerales intercedidos complejos que contienen cobre, plomo, zinc y pirita en concentrados y relaves separados, una tarea imposible con métodos de separación por gravedad, magnéticos o eléctricos. En el pasado, estos metales solo se podían recuperar con costosos procesos metalúrgicos. (The Editors of Encyclopaedia Britannica, 1999)

**Figura 2.** Procedimiento de Flotación

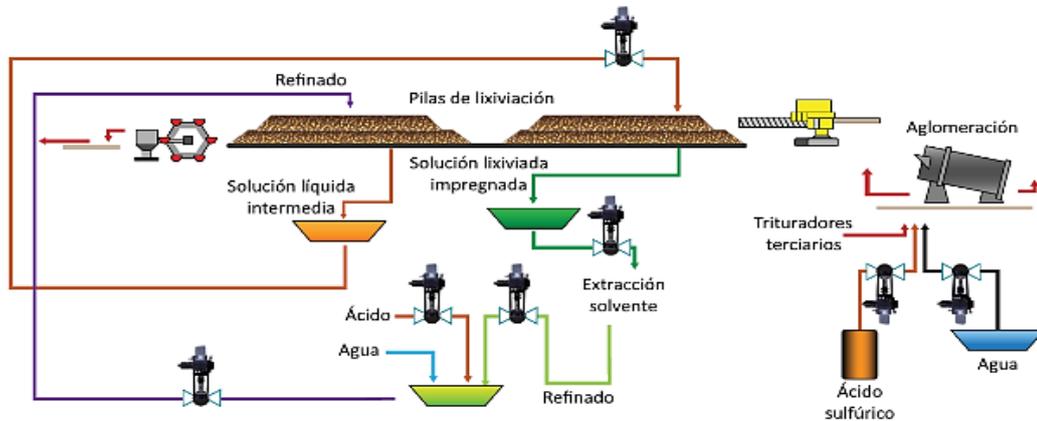


Fuente: Encyclopedía Britannica 1999, Inc.

### ➤ **Lixiviación**

Es un método de separación de mezclas solubles o líquidas de una mezcla contenida por partículas sólidas. Muy utilizada en el proceso de extracción de minerales y químicos en la industria minera. Es un proceso de extracción entre un líquido o mineral de importancia y el sólido, generalmente roca. La técnica de lixiviación, como métodos de separación de mezclas, consiste en una extracción física con la ayuda de químicos viscosos o un disolvente líquido para separar la mezcla. Extrayendo mediante un proceso de disolución el líquido valioso del material sólido (roca). Se aplica pulverizando generalmente la roca o grava de yacimientos naturales colocadas en plantas de tratamiento industrial. La pulverización del sólido se hace para facilitar la separación del líquido y las partículas por densidad gravitatoria. El líquido soluble ayuda a la separación por gravedad entre el líquido y los sólidos. La extracción de algún otro mineral se hace mediante líquidos que disuelven la grava (Nuñez, 2002).

**Figura 3.** Proceso de Lixiviación en Pilas

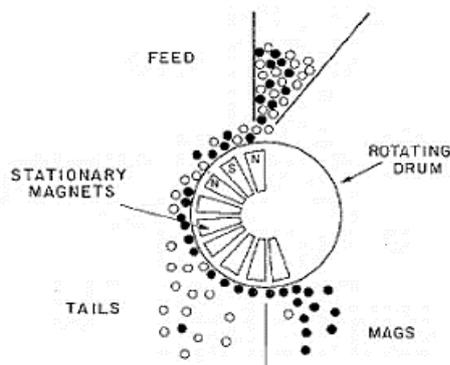


Fuente: ESCO ARG - LIXIVIACIÓN EN PILAS - RECUPERACIÓN MINERAL

### ➤ Separación Magnética

La separación magnética se basa en los diferentes grados de atracción que ejercen los campos magnéticos sobre varios minerales. El éxito requiere que las partículas de alimentación se encuentren dentro de un espectro de tamaño especial (0,1 a 1 mm). Con buenos resultados, los minerales fuertemente magnéticos pueden eliminarse de los minerales de ganga mediante separadores magnéticos de baja intensidad. Los dispositivos de alta intensidad pueden separar minerales de óxido de hierro como limonita y siderita, así como minerales de manganeso, titanio y tungsteno con contenido de hierro y silicatos con contenido de hierro. (The Editors of Encyclopaedia Britannica, 1999)

**Figura 4.** Separador de tambor seco



Fuente: Magnetic Separation: A review of principles, devices, and applications (Oberteuffer, 1974)

### **2.3.3. Concentrado de minerales en almacenes portuarios**

Este procedimiento consiste en la descarga, recepción, almacenamiento y embarque del concentrado de minerales, principalmente por camiones que transportan el resultado final del procesamiento de extracción de los minerales de las unidades mineras hacia los almacenes o depósitos ubicados exteriormente de las instalaciones mineras. Estos almacenes de concentrado se ubican mayormente en las cercanías de los puertos más importantes de nuestro país con la finalidad de exportar a los distintos mercados del mundo para la obtención del producto final a través de su fundición y refinación.

En el procedimiento para el traslado del concentrado de minerales, estos son cargados humedecidos hacia los camiones y lo recomendable es cargarlos a un 90% de la capacidad de su tolva, además que deberán estar completamente sellados herméticamente durante todo el trayecto hasta la llegada de los almacenes de concentrados, el objetivo de este proceso es que el mineral evite estar en contacto con el medio ambiente.

Para la recepción del concentrado de minerales en los almacenes portuarios, el procedimiento de ingreso y salida de los camiones para su descarga, almacenamiento y embarque del mineral concentrado debe contar con un sistema automatizado en el cual los sensores detecten la llegada de los camiones para la apertura de las puertas, una vez que ingresen, el sistema de control vuelve a cerrar las puertas para sellar herméticamente el almacén de concentrado. Una vez que se haya realizado este procedimiento, los camiones empiezan a descargar los minerales concentrados, apilándolos de acuerdo con su distribución y proceso de almacenamiento de la compañía minera para su respectivo embarque a los principales mercados del mundo.

### **2.3.4. Concentración de polvo**

#### **➤ Polvos**

Partículas sólidas producidas por ruptura mecánica, ya sea por trituración, pulverización o impacto, en operaciones como molienda, perforación, esmerilado, lijado, etc. El tamaño de partículas de polvo es generalmente menor

de 100 micras, siendo las más importantes aquellas menores a 10 micras. (DIGESA, 2005).

El polvo se podría definir como una cantidad de partículas sólidas dispersas en el aire y procedentes de una disgregación. Así definido y referido a partículas esféricas y de densidad 1, incluye el 98% de las partículas de una micra de diámetro, el 75% de las de 3,5  $\mu\text{m}$  de diámetro, el 50% de las de 5  $\mu\text{m}$  y ninguna de las que tengan un diámetro superior a 7  $\mu\text{m}$  (Meza, 2017)

### ➤ **Granulometría**

Las partículas mineralizadas de tamaño inferior a 2.5  $\mu\text{m}$  presentan mayores tiempos de residencia, con diferencia respecto a las de mayor tamaño. Esto hace que a menudo se estudie la distribución de estas partículas, que pueden tener procedencias remotas. Otra cuestión, que afecta especialmente a la salud, es que las partículas de tamaño inferior a 10  $\mu\text{m}$  son capaces de alcanzar las zonas más profundas del sistema respiratorio (alveolos pulmonares). Las de tamaño mayor suelen quedar retenidas en el tracto respiratorio alto y tienden a depositarse con mayor facilidad (partículas sedimentables); el principal problema que plantean es de suciedad. (Moran Silva, y otros, 2021).

En la tabla N° 1, se establecen los tamaños de algunos elementos contaminantes del aire.

**Tabla 1.** Tamaño de Elementos Contaminantes

<b>CONTAMINANTE O MATERIAL</b>	<b>RANGO DEL TAMAÑO EN MICRAS</b>
Lluvia	1000 a 10000
Rocío	100 a 1000
Niebla	0.001 a 10
Nubes	12 a 90
Vapores	0.001 a 1
<b>Polvos minerales</b>	<b>0.05 a 100</b>
Virus	0.006 a 0.09
Humo de cigarro	0.01 a 1
Humo de petróleo	0.05 a 1
Sílica coloidal	0.03 a 0.08
<b>Polvo atmosférico</b>	<b>0.001 a 80</b>
Bacterias	0.5 a 50

**Fuente:** (Huaraca Huarcaya, y otros, 2009)

### ➤ **Material particulado (MP)**

El material particulado son aquellas sustancias suspendidas en el aire, y pueden tener un tamaño de entre 2,5 y 10  $\mu\text{m}$ , de ahí su nombre PM2.5 y PM10. La fuente de estas emisiones es proveniente del transporte o de las industrias cementeras, de concreto, de cerámicas o de minerías. Pueden contener composiciones químicas como aluminio, silicio, calcio, potasio, hierro, zinc, vanadio, plomo, titanio y otros orgánicos de elevada toxicidad. Estas composiciones afectan el sistema respiratorio humano ocasionando grandes peligros y enfermedades; así mismo, afectan el ambiente, animales y vegetales. El material particulado sobre los humanos causa enfermedades que se podría llegar hasta la muerte. La mayoría de las enfermedades son respiratorias y cardiovasculares, son de categoría aguda, acumulativas y crónicas. Debido al pequeño tamaño que obtiene las sustancias químicas, pueden ingresar fácilmente al aparato respiratorio, deteriorando profundamente los pulmones y el resto del organismo (Charlie, 2018)

**Tabla 2.** Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental de Aire.

PARÁMETROS	PERIODO	VALOR (ug/m3)	Criterios de Evaluación
Material Particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM2,5)	24 horas	50	No Exceder más de 07 veces al año
	Anual	25	Media aritmética anual
Material Particulado con diámetro menor a 10 micras (PM10)	24 horas	100	No Exceder más de 07 veces al año
	Anual	50	Media aritmética anual

Fuente: Decreto Supremo N° 003 – 2017 – MINAM

#### **2.3.5. Efectos generados por el proceso de descarga en almacenes**

Los procedimientos de descarga, almacenamiento y embarque del concentrado de minerales en los almacenes portuarios de la unidad minera no están deslindados del impacto ambiental, ya que estos procesos generan una gran

cantidad de concentración de polvos a causa del constante y continuo movimiento del material, esta concentración de polvo contiene material particulado (PM) con tamaños menores de 10  $\mu\text{m}$ , dependiendo del proceso de obtención del concentrado, esto conlleva a la preocupación del estado por tomar medidas debido a que este concentrado de polvo, no solo genera contaminación ambiental a causa del polvo desmineralizado, también tiene un impacto directo en la generación de infecciones respiratorias de los trabajadores del puerto y ciudadanos que se encuentran en los alrededores. La principal infección respiratoria por la inhalación de las partículas del concentrado de minerales se denomina Neumoconiosis.

Frente a estas causales, una de las medidas impartidas por el estado fue la aprobación de un decreto legislativo con N° 1048: DECRETO LEGISLATIVO QUE PRECISA LA REGULACIÓN MINERA AMBIENTAL DE LOS DEPÓSITOS DE ALMACENAMIENTO DE CONCENTRADOS DE MINERALES.

En dicho decreto se expone los puntos sobre la regulación minero ambiental de los depósitos de almacenamientos de los concentrados de minerales, en los cuales se define las obligaciones y responsabilidades del manejo, almacenaje y manipuleo de tales concentrados, así como de las emisiones, vertimientos, ruidos, manejo, disposición final de residuos sólidos y disposición de desechos al ambiente que se produzcan en sus instalaciones a través de un adecuado estudio ambiental aprobado por el Ministerio de Energía y Minas (Poder Ejecutivo, 2008)

Frente a estas regulaciones y para la disminución de concentraciones de polvo y el cuidado en la salud ocupacional de los trabajadores y ciudadanos que habitan alrededor de los puertos, las compañías mineras optan por tomar medidas de control para la optimización del aire a través de sistema de colección de polvo.

### **2.3.6. Sistema de Colección de Polvo**

#### **A. Colector de Polvo**

El colector de polvo es un equipo utilizado para disminuir la concentración de polvo de un área determinada y que este se encuentre libre de impurezas

perjudiciales para la salud de los trabajadores y personas alrededor. El colector de polvo está compuesto de estructuras metálicas fabricadas con perfiles y planchas de acero al carbono conformado por lo siguiente:

- **Cámara de Lado Limpio:** Es una caja de forma rectangular ubicada en la parte superior de la estructura del colector, es denominada como plenúm de aire limpio. Es el lugar donde el aire ya purificado es enviado al ambiente a través de un conexionado de descarga hacia la chimenea, además es aquí donde se encuentra el sistema de limpieza JET PULSE el cual es regulado por un controlador de limpieza, además en esta cámara es donde se obtiene acceso a las puertas de inspección.
- **Cámara de Lado Sucio:** Caja rectangular de mayor altura, ubicada en la parte intermedia del colector de polvo. En su interior aloja toda la cantidad de mangas de tela que se requiera de acuerdo con el dimensionamiento del colector de polvo. La cámara de lado sucio está diseñada para que el flujo de aire pase a través de ella y llegue a las mangas de tela de forma uniforme.
- **Placa Espejo:** Es la placa donde se distribuyen y fijan el conjunto de mangas filtrantes y canastillas, ubicada entre el lado de cámara de lado limpio y cámara de lado sucio; es decir, esta placa delimita las áreas de las cámaras, Su taladrado debe seguir rigurosamente las dimensiones de diseño para que sea posible alinear correctamente las flautas (tuberías de soplado) y que el sellado quede perfecto en región donde se fijan las mangas de tela junto con las canastillas.
- **Tolva de Descarga:** Es un recipiente con forma de tronco piramidal invertido el cual cumple con dos propósitos, el primero es el de la entrada de partículas debido a la extracción de los puntos de captación provenientes del conexionado con el ducto de ramal principal y la segunda cumple con la descarga y precipitación de polvo desprendidas a través de la cámara de lado sucio después de la limpieza de las mangas de tela para su disposición posterior.

## B. Sistema de Limpieza Jet Pulse

- **Controlador de Limpieza:** Es una unidad modular electrónica la cual cuenta con un Display de tipo digital que indica el diferencial de presión entre el lado de la cámara limpia y sucia. Este sistema sirve para regular la frecuencia y la duración del proceso de limpieza de las mangas a través de señales eléctricas que puede funcionar de modo continuo (manual) o automático, el control secuencial temporizado programable está indicado para la automatización de sistemas cíclicos.
- **Válvulas Solenoides:** Son dispositivos encargados de transformar las señales eléctricas en pulsos neumáticos que actuarán para la apertura de las válvulas diafragmas con la finalidad de dar paso al aire comprimido a través de las flautas. Estos impulsos eléctricos son generados en la programación del controlador de limpieza mediante un temporizado secuencial.
- **Válvulas Diafragmas:** Estas válvulas, también conocidas como de acople rápido, son válvulas que permiten el paso de un caudal de aire comprimido para el ingreso a las flautas, permitiendo realizar la limpieza en las mangas de tela. Estas válvulas se abren por medio de los pulsos neumáticos producidos por los solenoides.
- **Flautas o tubos de soplado:** Son tuberías conectadas al depósito de aire comprimido, a través de las válvulas de diafragma, cuya finalidad es distribuir y dirigir el chorro de aire comprimido hacia el interior de las mangas situadas en una misma hilera. Estas flautas contienen una serie de perforaciones distribuidas linealmente de acuerdo al número de mangas de tela correspondientes.

## C. Ventilador Centrífugo

Un ventilador es una máquina rotativa que direcciona un flujo de aire de acuerdo al movimiento que se requiera suministrar, ya sea por impulsión o extracción. Se puede definir también como una turbo máquina que transmite energía con la finalidad de generar la presión necesaria para mantener un flujo continuo de aire. En el caso de los ventiladores centrífugos, el aire siempre ingresa de la misma manera, es decir, ingresa por el rotor o impelente con una dirección paralela a

su eje, para luego salir en dirección perpendicular a su trayecto. Se denomina así debido a que la salida del aire se produce por la fuerza centrífuga, esto sucede porque en su construcción posee alabes soldados a su rotor, de esta manera. Para darle el movimiento que se desea al aire o al fluido, este la recibe del eje que gira acoplado al motor (Pachas, 2020).

La clasificación de estos ventiladores corresponderá según la inclinación de las aspas de su rotor o impulsor.

**Tabla 3.** Clasificación Ventiladores Industriales

VENTILADOR	DESCRIPCION	APLICACION
 CURVADAS HACIA ADELANTE	<p>Rotor con palas curvadas hacia adelante, apto para caudales altos y bajas presiones. No es autolimitante de potencia. Para un mismo caudal y un mismo diámetro de rotor gira a menos vueltas con menor nivel sonoro.</p>	<p>Se utiliza en instalaciones de ventilación, calefacción y aire acondicionado de baja presión.</p>
 PALAS RADIALES	<p>Rotor de palas radiales. Es el diseño más sencillo y de menor rendimiento. Es muy resistente mecánicamente, y el rodete puede ser reparado con facilidad. El diseño le permite ser autolimpiante. La potencia aumenta de forma continua al aumentar el caudal.</p>	<p>Empleado básicamente para instalaciones industriales de manipulación de materiales. Se le puede aplicar recubrimientos especiales anti-desgaste. También se emplea en aplicaciones industriales de alta presión.</p>
 INCLINADAS HACIA ATRAS	<p>Rotor de palas planas o curvadas inclinadas hacia atrás. Es de alto rendimiento y autolimitador de potencia. Puede girar a velocidades altas.]</p>	<p>Se emplea para ventilación, calefacción y aire acondicionado. También puede ser usado en aplicaciones industriales, con ambientes corrosivos y/o bajos contenidos de polvo.</p>
 AIRFOIL	<p>Similar al anterior pero con palas de perfil aerodinámico. Es el de mayor rendimiento dentro de los ventiladores centrifugos. Es autolimitante de potencia.</p>	<p>Es utilizado generalmente para aplicaciones en sistemas de HVAC y aplicaciones industriales con aire limpio. Con construcciones especiales puede ser utilizado en aplicaciones con aire sucio.</p>
 RADIAL TIP	<p>Rotores de palas curvadas hacia delante con salida radial. Son una variación de los ventiladores radiales pero con mayor rendimiento. Aptos para trabajar con palas antidesgaste. Son autolimpiantes. La potencia aumenta de forma continua al aumento del caudal.</p>	<p>Como los radiales estos ventiladores son aptos para trabajar en aplicaciones industriales con movimiento de materiales abrasivos, pero con un mayor rendimiento.</p>

Fuente: Manual Técnico Chiblosa

#### D. Sistema de Captación del Concentrado de Polvo

- **Campanas:** Estos componentes son conocidos como elementos de captación del material particulado, su fabricación es de acero dulce y son los encargados de capturar el volumen del concentrado de polvo y dirigirlo a través de los conductos ramificados del sistema hacia el equipo de filtrado. Su dimensionamiento está relacionado directamente con la velocidad de captura en su abertura y el caudal de extracción en el punto donde se requiera realizar la captación del material particulado. El diseño de las campanas dependerá principalmente del sistema o equipo del cual se requiera realizar la extracción (Pampa Condori, 2020)
- **Sistema de Conductos:** El sistema de conductos son los encargados de transportar el aire particulado o contaminado hasta el equipo colector mediante un arreglo ramificado con conexionado en la parte central de la tolva, la cual es extraída de cada punto de captación prevista en las áreas críticas. Los conductos pueden ser de la forma que sea más ideal para el diseño del sistema, pero generalmente, los conductos son de sección transversal circular, debido a que la distribución de las velocidades es más homogénea, evitando la deposición de material y debido a que una sección circular soporta mayor presión estática que una sección rectangular de igual magnitud (Bolívar, 2007)

**Figura 5.** Campanas y Sistema de Conductos en Laboratorios - Impala Terminals



Fuente: Proyectos Americorp 2019

## 2.4. Descripción de las actividades desarrolladas

### 2.4.1. Etapa 1: Recolección y Levantamiento de información (Definición de Parámetros)

**Tabla 4.** Especificaciones de la Condición del Sitio

PARÁMETRO	VALOR
Ambiente*	Acumulación de polvo producto por la descarga de concentrado de cobre, carbón y cenizas de carbón.
Temperatura ambiente máxima	28 °C
Temperatura ambiente mínima	13 °C
Temperatura ambiente promedio anual	18 °C
Humedad relativa máxima	0.84
Humedad relativa mínima	0.93
Humedad relativa promedio anual	0.66
Presión Promedio	101.3 Kpa
Altitud	40 m.s.n.m
Caída de agua promedio anual	5 mm
* Humedad por la cercanía al mar y expuesto a radiación UV. Ambiente altamente corrosivo clasificado según Norma ISO 19944, como C 5-M (Muy Altamarina)	

Fuente: Información Técnica Proporcionado por el Cliente

**Tabla 5.** Frecuencia de Operación del Edificio de Descarga de Camiones

PARAMETRO	UNIDAD	VALOR
Capacidad viva de camiones	Tn	36
Camiones recepcionados por día	Nro	88
Días por año recepción camiones	días	365
Horario de operación recepción camiones	hr	16

Fuente: Información Técnica Proporcionado por el Cliente

**Tabla 6.** Características del Concentrado

PARAMETRO	UNIDAD	VALOR
Densidad aparente húmeda, para cálculos de peso.	g/m <sup>3</sup>	2.8
Densidad aparente húmeda, para cálculos de volumen	g/m <sup>3</sup>	2.2
Contenido de humedad	%	8 a 10
Tamaño del producto P95	μm	51
Tamaño del producto P80	μm	34
Tamaño del producto P50	μm	19

Fuente: Información Técnica Proporcionado por el Cliente

**Tabla 7.** Características Principales de los Equipos

EQUIPO	PARAMETRO	UNIDAD	VALOR
Tolva Receptora 5830-HO-001	Capacidad viva	Tn	150
	Ancho (lado lateral de descarga)	m	3.54
	Largo (lado frontal de descarga)	m	11.56
Faja Receptora 5830-CV-001	Tipo de faja	-	Faja Receptora
	Velocidad de la Faja	m/s	1.2 a 3
	Tipo de Velocidad	-	Fija
	Ancho	mm	600
	Largo	m	344
	Capacidad seca	Tn/hr	483
Capacidad húmeda	Tn/hr	525	

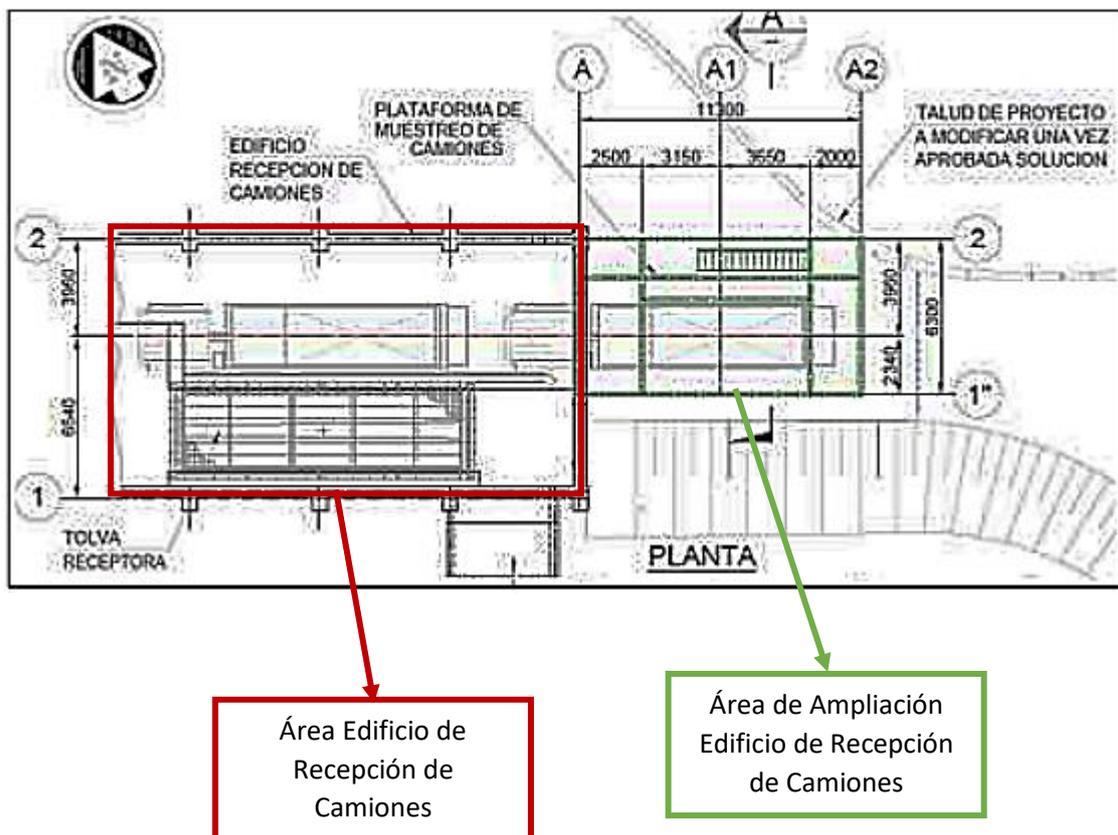
Fuente: Información Técnica Proporcionado por el Cliente

**Tabla 8.** Especificaciones para diseño estructural

PARAMETRO	UNIDAD	VALOR
Velocidad Mínima de diseño del viento	km/hr	100
Zona sísmica	-	Zona Sísmica 4, según Decreto Supremo del Perú 2016 Revisión Estándar Técnico E.030 Diseño Resistente para Sismos.

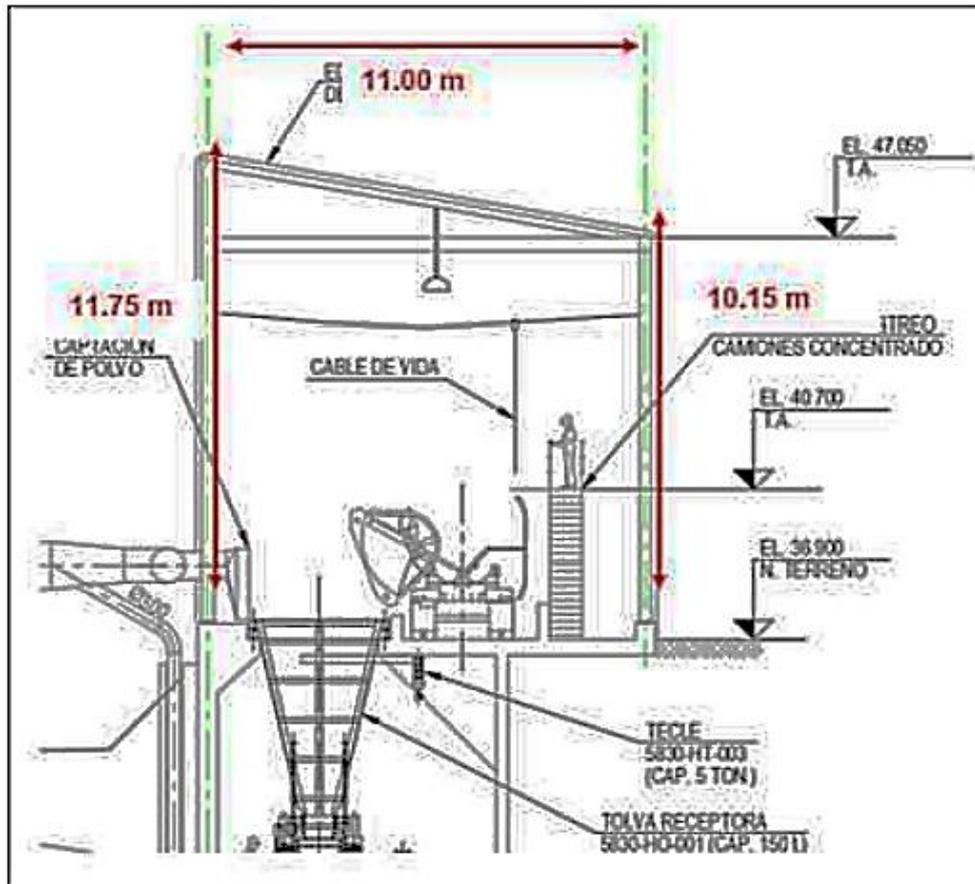
Fuente: Información Técnica Proporcionado por el Cliente

**Figura 6.** Vista de Planta del Edificio de Recepción de Camiones



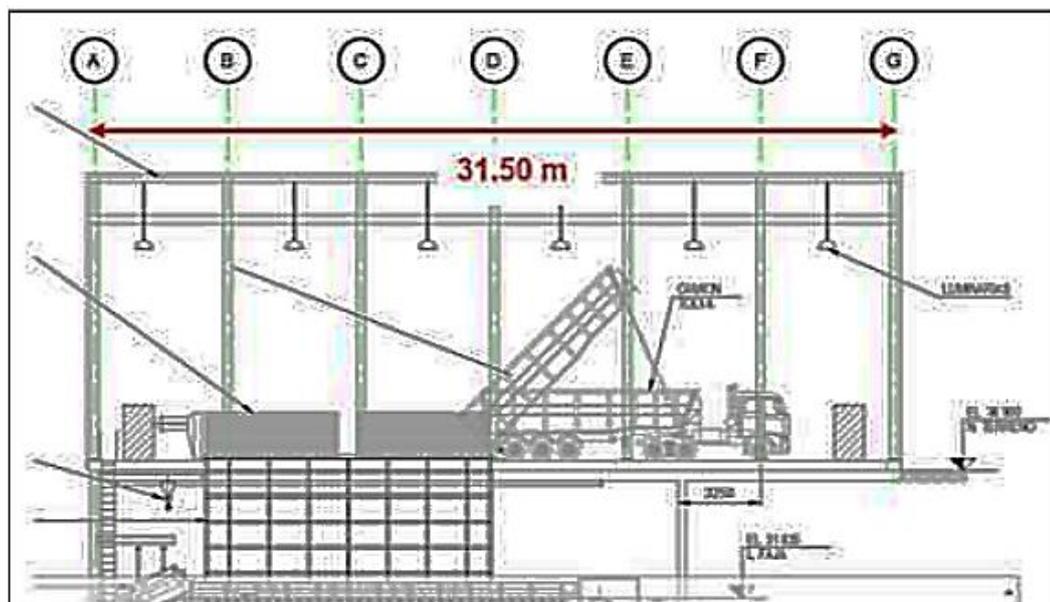
Fuente: Planos de Arquitectura del Edificio de Descarga de Camiones

**Figura 7.** Vista Frontal del Edificio de Recepción de Camiones



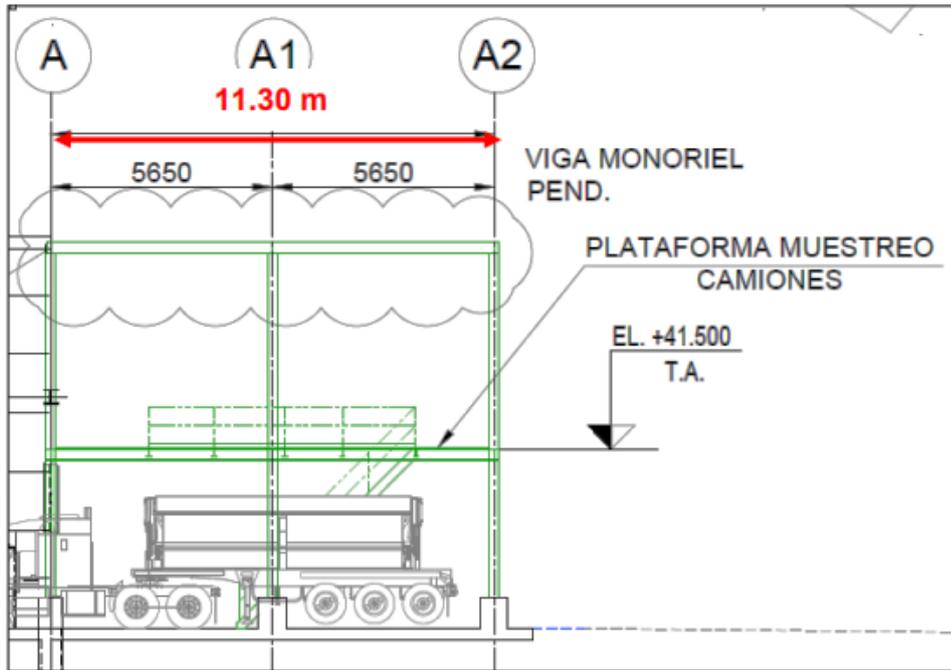
Fuente: Planos de Arquitectura del Edificio de Descarga de Camiones

**Figura 8.** Vista Lateral del Edificio de Recepción de Camiones



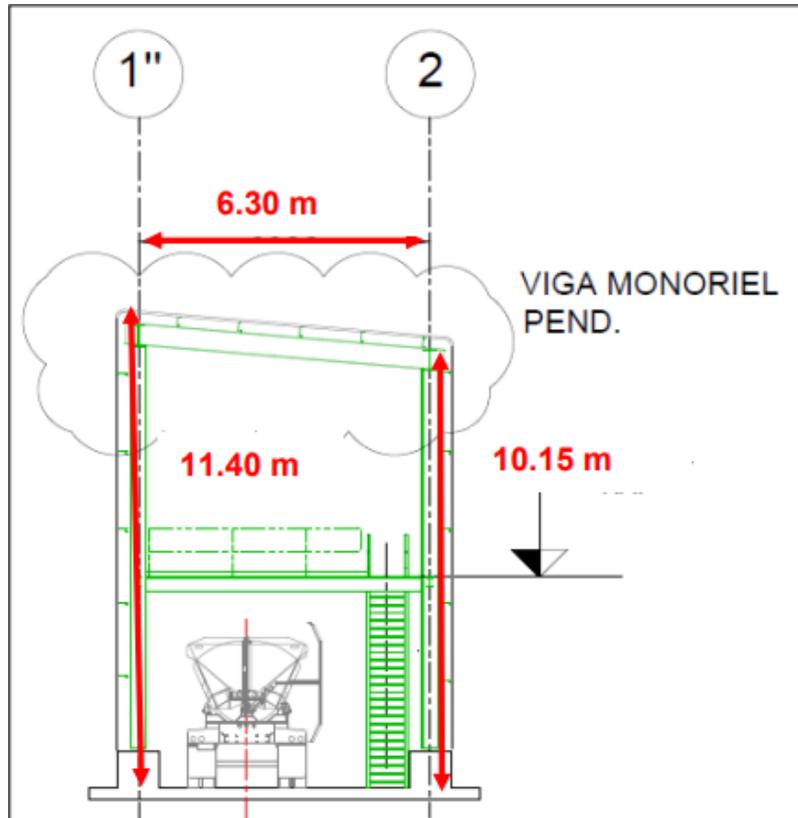
Fuente: Planos de Arquitectura del Edificio de Descarga de Camiones

**Figura 9.** Vista Lateral de la Ampliación del Edificio de Recepción de Camiones



Fuente: Planos de Arquitectura del Edificio de Descarga de Camiones

**Figura 10.** Vista Frontal de la Ampliación del Edificio de Recepción de Camiones



Fuente: Planos de Arquitectura del Edificio de Descarga de Camiones

$$V_1 = \left( \frac{11.75 + 10.15}{2} \right) \times 11 \times 31.5 = 3795 \text{ m}^3 \dots (\text{Ec. 1})$$

$$V_2 = \left( \frac{11.4 + 10.15}{2} \right) \times 6.3 \times 11.3 = 767 \text{ m}^3 \dots (\text{Ec. 2})$$

En Donde:

$V_1$ : Volumen del Edificio de Descarga

$V_2$ : Volumen de la Ampliación del Edificio de Descarga

$$V_T = V_1 + V_2 = 4562 \text{ m}^3 \dots (\text{Ec. 3})$$

Donde:

$V_T$ : Volumen Total del Edificio de Descarga

#### **2.4.2. Etapa 2: Definición del Diseño Para el Sistema de recepción de camiones concentrados**

En la etapa anterior, se realizó la recolección y levantamiento de información la cual es de mucha utilidad ya que es el punto de partida para establecer el diseño y definir el funcionamiento del sistema de recepción de camiones, las cuales nos permitirán optar las mejores opciones para un eficiente funcionamiento de este.

En esta etapa se procederá a hacer el análisis para definir el diseño más apropiado del sistema de recepción de camiones para una operación óptima y que esté alineado con las normativas del diseño de colección de partículas y exigencias del cliente en función a los parámetros descritos en la etapa 1.

- **Criterio de Selección del Colector de Polvo**

Para la selección adecuada del colector Polvo se analizó con base en los parámetros siguientes:

- ✓ Tipo de material mineralizado

De la tabla 4. Se tiene que: Acumulación de polvo producto de la manipulación de **concentrado de cobre**.

- ✓ Características del material mineralizado

La tabla 6. Nos indica que hay 3 tipos de tamaño del material mineralizado, el P95 de 51  $\mu\text{m}$ , P80 de 34  $\mu\text{m}$  y el P50 de 19  $\mu\text{m}$  y con un contenido de humedad de 8 a 10 %, prácticamente son materiales secos. Como se observa, el polvo mineralizado de extracción no se encuentra en el rango de un material particulado; no obstante, para garantizar una eficiencia de filtración alta y una operación óptima, se considerará condiciones más críticas en el diseño, siendo una de estas la captación de **partículas de menor tamaño comprendidas entre los 10  $\mu\text{m}$  (PM10) a 2.5  $\mu\text{m}$  (PM2.5).**

✓ Eficiencia requerida del Colector de polvo.

El cliente solicitó que el Colector de Polvo seleccionado tenga una **eficiencia de filtración igual o mayor al 99%.**

De acuerdo con los parámetros analizados y exigencias del cliente, con ayuda de la siguiente tabla 9. Determinaremos el tipo de colector apropiado para el sistema de recepción de camiones.

**Tabla 9.** Eficiencia de los Collectores de Polvo

EQUIPO	DIAMETRO ( $\mu\text{m}$ )				
	0 - 5	0 - 10	10 - 20	22 - 40	44
Ciclón de baja presión	12	33	57	82	91
Ciclón de alta presión	40	54	74	95	98
<b>Filtro de mangas</b>	<b>99</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
Torre lavadora de mediana energía	80	90	100	100	100
Torre Lavadora de alta energía (Venturi)	95	99.5	100	100	100
Precipitador Electrostático	97	99	100	100	100

Fuente: (Sandoval, 2008)

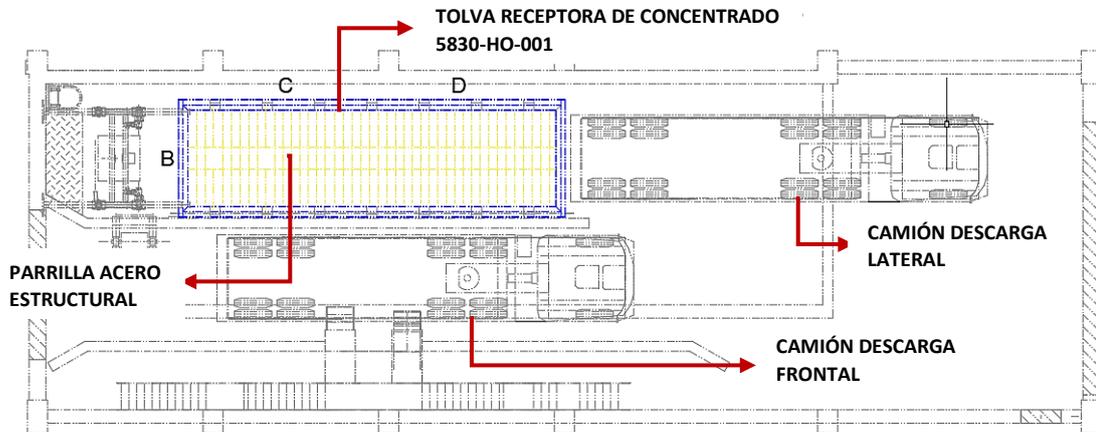
El colector de polvo seleccionado es de tipo **Filtro De Mangas con Sistema Pulse Jet.**

- **Análisis de los puntos de extracción del sistema de colección de polvo**

En este punto se evaluará la descarga del concentrado de cobre y el comportamiento de las emisiones generadas por este proceso, analizando los puntos críticos de extracción del material mineralizado para determinar el

número de elementos de captación y la forma adecuada de su instalación, para más adelante proceder con su dimensionamiento.

**Figura 11.** Proceso de descarga del concentrado de cobre



Fuente: Elaboración Propia

Los camiones al ingresar al edificio procederán con la descarga del concentrado de cobre mediante dos formas, descarga frontal y descarga lateral, como se observa en la figura 10. Esta descarga se realizará en la tolva receptora 5830-HO-001, esta tolva dispone de una parrilla de acero estructural para prevenir el ingreso de materiales de gran tamaño al sistema de transporte.

De la tabla 5. Se deduce que se descargará un aproximado de 3168 Tn de concentrado en un periodo de 16 horas por día y con una frecuencia de 365 días por año; es decir, una operación continua y con volúmenes significativos del material, generándose emisiones constantes en el área las cuales se disiparán alrededor.

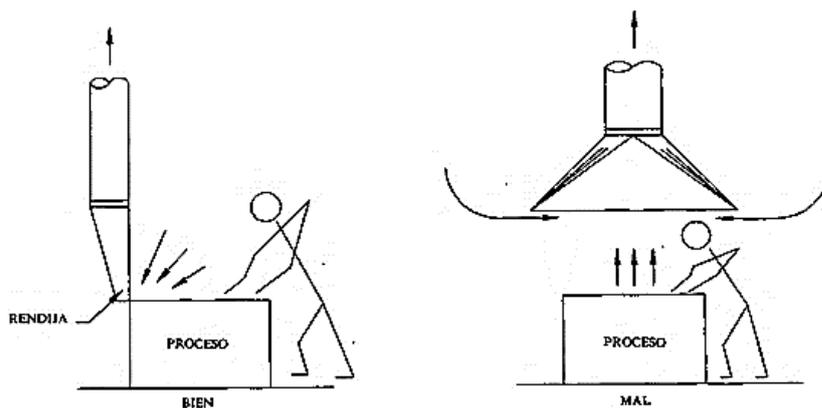
De lo expuesto, la recepción del concentrado de cobre en la tolva es el punto más crítico del proceso, ahora se procederá a seleccionar el tipo, distribución y la cantidad adecuada para los elementos de captación.

- ✓ Tipo: En este caso, al ser una tolva rectangular con descarga del concentrado en dos de sus lados (frontal y lateral) no se puede encerrar el proceso o el punto de generación del contaminante, por lo cual la selección del tipo debe ser **Campanas de Cabina Parcial** con rendijas,

ya que se requiere extraer un flujo de extracción uniforme y una velocidad de captura adecuada.

- ✓ **Distribución:** Esta distribución se realizará de tal forma que el flujo del contaminante se direcciona en el sentido contrario y más alejado del área de descarga y de la zona respiratoria de los conductores de los camiones.

**Figura 12.** Recomendación de la distribución de los elementos de captación



Fuente: Manual de Ventilación Industrial

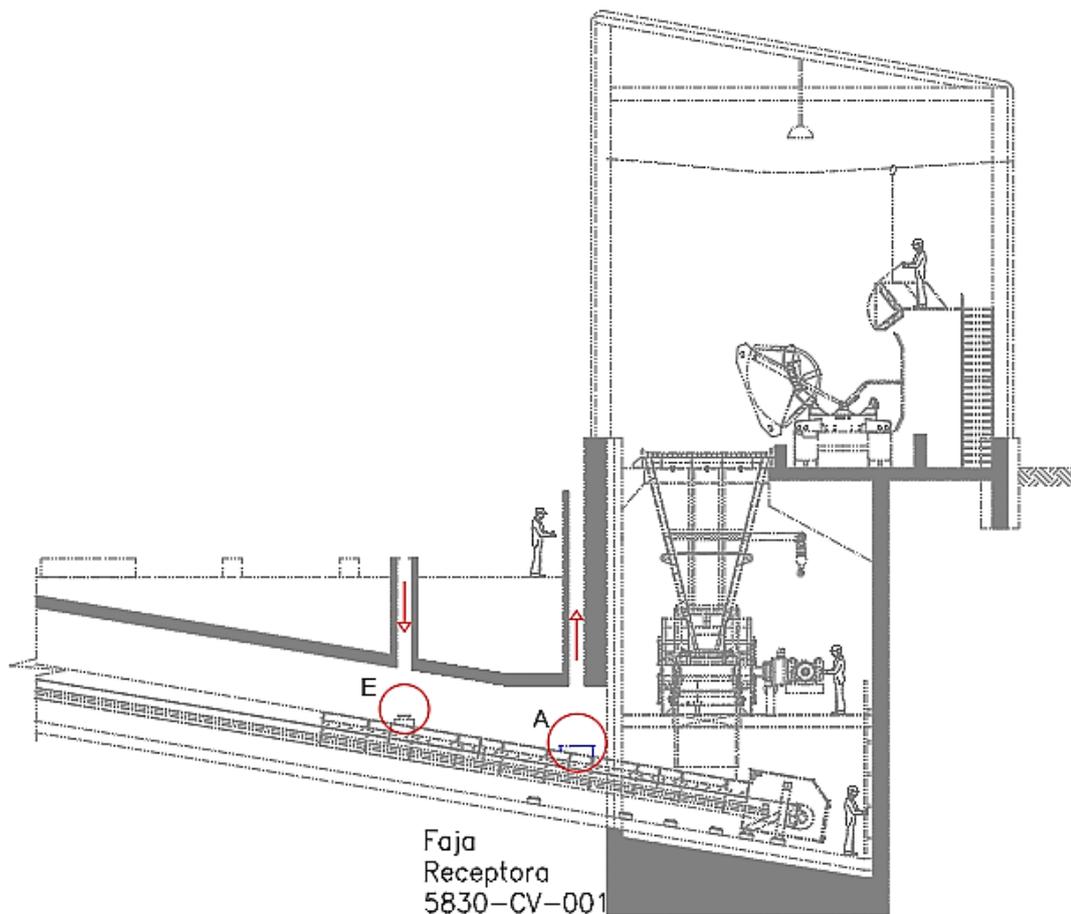
De acuerdo con las recomendaciones del Manual de Ventilación Industrial, en el capítulo 3, Figura 3-3, la dirección de captación del material debe estar en sentido opuesto a la zona de trabajo, es una mala práctica instalarlas en la parte superior, como indica la figura; por lo tanto, la distribución más adecuada deberá ser **situirlas alrededor** del proceso. En este caso, como se había explicado, la descarga de los camiones se hará por la parte frontal y lateral, estas no deben tener obstrucciones para depositar el concentrado de cobre en la tolva, por ende, los elementos de captación serán instalados en la parte frontal y lateral contraria a la descarga del concentrado que realizan los camiones.

- ✓ **Cantidad:** En la parte frontal, contraria a la descarga del concentrado de cobre de los camiones, se ha previsto la instalación de dos elementos proporcionales de captación, ya que esta es la de mayor captura de carga del polvo concentrado y se requiere que ambas extraigan el mismo caudal de dicho material, a estos elementos de captación a partir de adelante los nombraremos como: elemento de captación **C** y elemento de captación **D**. En la parte lateral contraria a la descarga del concentrado por los

camiones, se ha previsto un punto de captación ya que es de menor captura de carga del polvo concentrado, a este elemento de captación lo nombraremos como: elemento de captación **B**.

Siguiendo con el análisis, otro punto crítico de captación se encuentra en la faja receptora 5830-CV-001, se considera apropiado realizar la extracción en este punto, ya que esta faja es la encargada de trasladar el concentrado para el almacenamiento adecuado del material a través de un chute de descarga ubicado a la salida de la faja alimentadora 5830-FE-001, y al estar en continuo movimiento se genera una gran concentración de polvo mineralizado. Para controlar el dispersamiento de estas emisiones, se consideró que; a lo largo de la faja, se instalará un cerramiento y para la extracción de este, se optó, propicio, instalar un punto de captación.

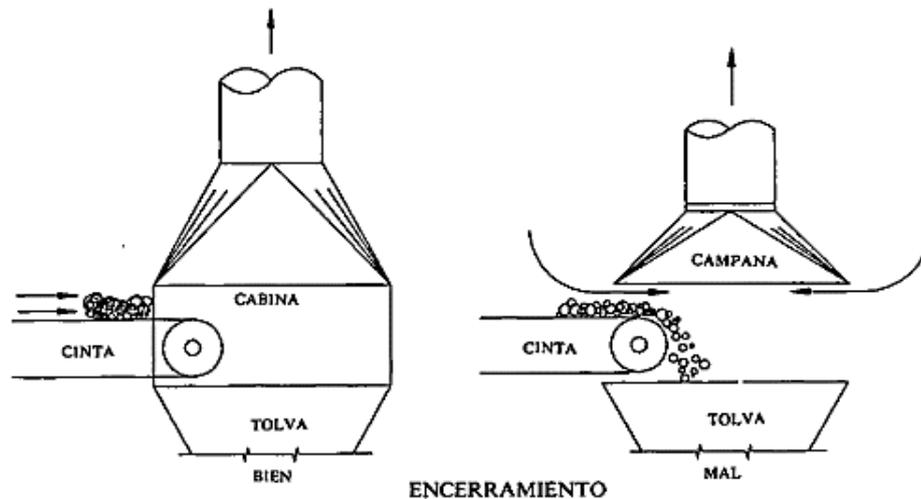
**Figura 13.** Extracción de polvo concentrado en faja receptora



Fuente. Elaboración Propia

A este elemento de captación lo nombraremos como: elemento de captación A de tipo **Cabina Total**, ya que su instalación estará en un cerramiento. De acuerdo con las recomendaciones del Manual de Ventilación Industrial, en el capítulo 3, Figura 3-3.

**Figura 14.** Instalación adecuada del elemento de captación en fajas transportadoras



Fuente. Manual de Ventilación Industrial

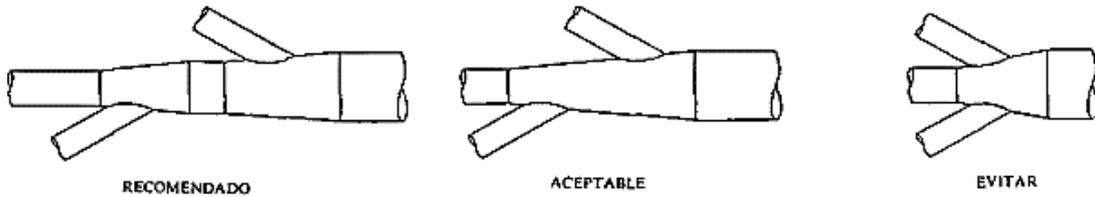
- **Distribución del sistema de conductos para el sistema de colección de polvo**

En este punto se evaluará el tipo de conducto más recomendable para transportar el polvo concentrado extraídos de los elementos de captación analizando los parámetros de transporte del material y la distribución adecuada del sistema de conductos a través de sus ramificaciones para cada punto de captación determinado.

- ✓ Tipo: El tipo de conductos recomendados para el transporte de materiales pesados en los sistemas de colección son los de **sección circular** debido a que la distribución de las velocidades es más homogénea, la cual impide la deposición de materiales y evita las obstrucciones por acumulación del material.
- ✓ Distribución: La distribución se realizará desde cada punto de captación determinados para ser transportados hacia el colector de polvo, en nuestro caso los elementos de captación A, B, C Y D.

De acuerdo con las recomendaciones del Manual de Ventilación Industrial, en el capítulo 5, Figura 3-3, las ramificaciones deben distribuirse a partir de cada unión con un ángulo menor a  $60^\circ$  y con un diámetro menor, estos deben realizarse de acuerdo como indica la siguiente figura:

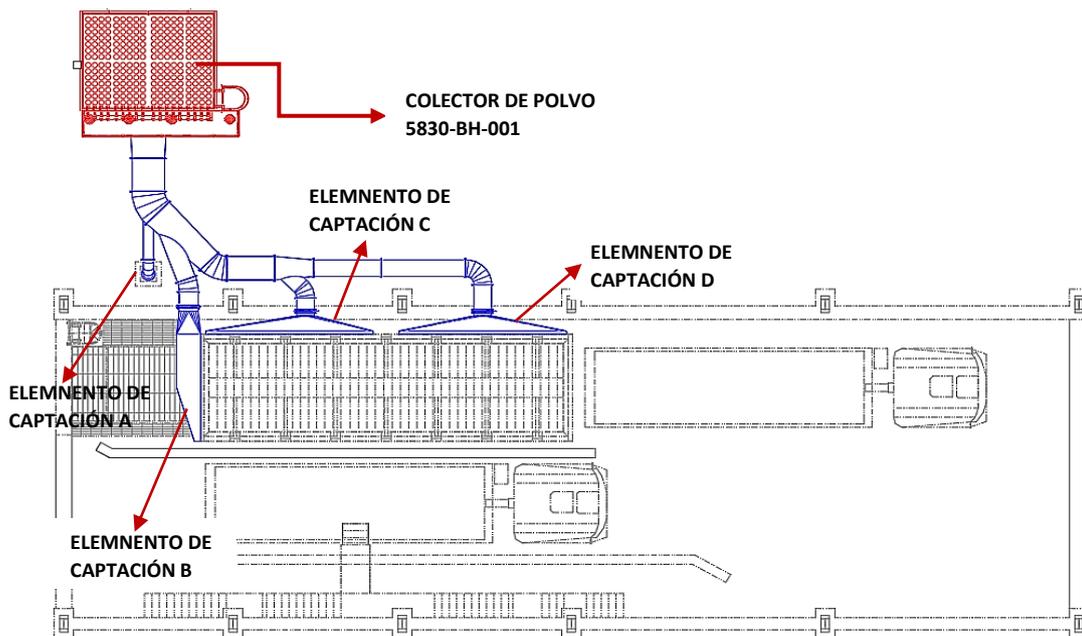
**Figura 15.** Principios de diseño de conductos



Fuente: Manual de Ventilación Industrial

Estas serán las ramificaciones secundarias, los cuales se conectarán mediante los conductos y un dámper manual, el que permitirá regular el caudal de aire de acuerdo a las condiciones de operación que se requiera. Estas ramificaciones se dirigirán al conducto principal, el cual será de mayor dimensión debido que por este pasa todo el caudal del material extraído y proveer un camino con menor pérdida de carga. Este ducto principal estará conexionado a la cámara sucia del colector para su respectiva limpieza mediante los filtros de tela y el sistema, pulse jet.

**Figura 16.** Distribución del sistema de conductos y elementos de captación



Fuente. Elaboración Propia

- **Definición del Sistema de Ventilación del Edificio**

Para el sistema de ventilación del edificio, se determinará a través de las renovaciones de aire en el edificio de recepción, esto se logrará por la extracción de un volumen de aire del ambiente interior a través de las mismas campanas del sistema captación de polvo ubicadas sobre la tolva de recepción y el ingreso de un volumen de aire fresco se realizará a través de las celosías fijas ubicadas en la pared del edificio, que proporcionaran aire fresco y filtrado al interior del ambiente y crearan un barrido en todo el ambiente con lo cual se lograra tener ventilado y con presurización negativa, mientras el sistema de colección de polvo esté funcionando.

- **Metodología para determinar el diseño de los soportes estructurales del colector de polvo**

Se determinó que el montaje del colector y las estructuras del sistema de conductos se hagan en el exterior del edificio de descarga, con la finalidad de maximizar el espacio, permitiendo el ingreso de más camiones y una optimización en el sistema de colección de polvo. A causa de esto se tuvo que desarrollar el cálculo y diseño de los soportes estructurales, orientado a la identificación de las reacciones en las patas de soporte para su posterior utilización como datos en el cálculo de la cimentación respectiva.

Para realizar el diseño de los soportes estructurales se utilizó la metodología **LRFD de acuerdo con las normas AISC** con apoyo del software SAP 2000 y hoja de cálculos. En esta metodología, se aborda el problema de las cargas que pueden actuar sobre una estructura, las cuales son muy variadas y pueden darse una serie de combinaciones entre ellas, debiendo la estructura soportar la combinación más desfavorable. El procedimiento para determinar el diseño de los soportes estructurales será el siguiente:

- ✓ Calcular y dimensionar los elementos que compondrán la estructura final del soporte de acero.
- ✓ Analizar el caso más crítico de combinaciones de carga posible.
- ✓ Seleccionar los perfiles adecuados sometido a fuerzas variadas con la metodología LRFD.

- ✓ Contar con una estructura estable frente a la solicitud de carga especificada.
- ✓ Calcular las reacciones que generan los esfuerzos debido a las cargas.

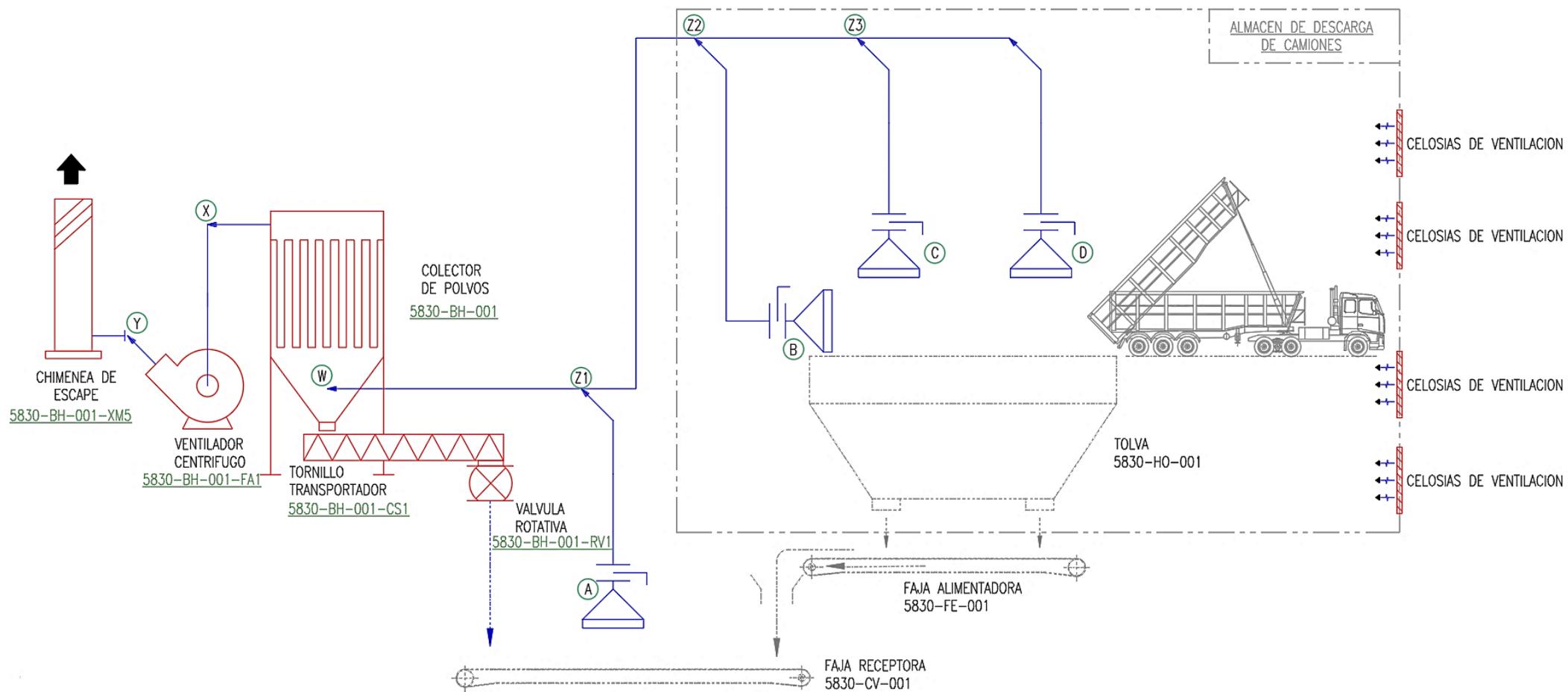
### **2.4.3. Etapa 3: Descripción del Sistema de recepción de camiones concentrados**

Los camiones ingresarán al terminal proveniente de la Planta Concentradora. El transporte del concentrado se realizará mediante camiones y semirremolque de 3 ejes, del tipo autodescarga, con una capacidad de carga de 36 toneladas. Los camiones descargarán el concentrado de cobre dentro de un edificio cerrado consistente de cimentaciones de concreto, estructura metálica y cobertura ligera. Este edificio está compuesto por:

- Sistema automatizado del control de apertura y cierre de los portones para el ingreso y la salida de los camiones.
- Una tolva receptora con TAG: 5830-HO-001
- Una faja alimentadora con TAG: 5830-FE-001
- Una faja receptora con TAG: 5830-CV-001
- Sistema de colección de polvo con TAG: 5830-BH-001

Una vez que los camiones ingresan al edificio de descarga, el sistema automatizado cierra los portones para evitar fuga de material particulado hacia el exterior. Los camiones procederán a realizar la descarga del material en la tolva receptora 5830-HO-001 con capacidad de 150 Tn. Durante la descarga se activará el sistema de colección de polvo 5830-BH-001, que actuará como un sistema de presión negativa para evitar cualquier fuga de polvo de concentrado de cobre. La tolva estará ubicada debajo del nivel del piso en el cual a través de un chute de descarga transportará el concentrado a la faja alimentadora 5830-FE-001, con capacidad de 525 Tn/h de capacidad que recibirá el concentrado, pasando el material por el segundo chute de descarga, el cual alimentará la faja receptora 5830-CV-001, que transportará el concentrado hacia el edificio de almacenamiento y lo distribuirá en su interior.

Figura 17. Diagrama de Flujo del Sistema de colección de Polvo



Fuente: Elaboración Propia

### III. APORTES REALIZADOS

#### 3.1. Dimensionamiento de Elementos de Captación

3.1.1. Dimensionamiento Elemento de Captación A: Extracción en Faja Transportadora 5830-CV-001:

Para determinar el caudal de extracción de acuerdo con el Industrial Ventilación. A Manual of Recommended Practice, capítulo 10: operaciones específicas, extracción en cinta transportadora "VS-306", este se obtendrá en función a la velocidad y ancho de la faja con la siguiente ecuación:

- Si: la velocidad de la faja es menor a 1 m/s:

$$Q = 0.54 \frac{m^3}{s} \times (b) m \dots (EC.4)$$

- Si: la velocidad de la faja es mayor a 1 m/s:

$$Q = 0.77 \frac{m^3}{s} \times (b) m \dots (EC.5)$$

Donde:

$Q = \text{Caudal de extracción (m}^3/\text{s)}$

$b = \text{Ancho de faja (m)}$

Según la tabla 7. Características Principales de los Equipos, La velocidad de la faja transportadora está en el rango de 1.3 a 2 m/s y el ancho de esta es de 0.6 m. Reemplazando los datos, según ecuación 5, se obtiene:

$$Q = 0.77 \frac{m^3}{s} \times 0.6 = 0.462 \frac{m^3}{s}$$

De acuerdo con las recomendaciones del "Industrial Ventilation (Specific Operation", para materiales muy polvorientos se deberá considerar un factor de seguridad de 1.5 a 3.0 veces al valor determinado, en nuestro caso, la concentración de polvo es abundante debido a que la faja está cubierta; por ende, consideraremos el factor máximo, obteniendo como resultado:

$$Q = 0.462 \frac{m^3}{s} \times 3 = 1.3802 \frac{m^3}{s}$$

$$Q = 4,969 \frac{m^3}{hr}$$

El elemento de captación A, extraerá un caudal de  $4,969 \text{ m}^3/\text{hr}$ .

El dimensionamiento de la campana se determinará de acuerdo con el Industrial Ventilation. A Manual of Recommended Practice, la velocidad se considera en función a las condiciones de dispersión del contaminante.

**Tabla 10.** Valores recomendados para la velocidad de captura en campanas

Condiciones de dispersión del contaminante	Ejemplo	Velocidad de captura, m/s
Liberado prácticamente sin velocidad en aire tranquilo.	Evaporación desde depósitos; desengrase, etc.	0,25 - 0,5
Liberado a baja velocidad en aire moderadamente tranquilo.	Cabinas de pintura; llenado intermitente de recipientes; transferencia entre cintas transportadoras a baja velocidad; soldadura; recubrimientos superficiales; pasivado.	0,5 - 1
Generación activa en una zona de rápido movimiento de aire.	Cabinas de pintura poco profundas; llenado de barriles; carga de cintas transportadoras; machacadoras.	1-2,5
Liberado con alta velocidad inicial en una zona de movimiento muy rápido del aire.	Desbarbado; chorreado abrasivo; desmoldeo en fundiciones.	2,5-10

En cada una de las condiciones citadas se indica un margen para los valores de la velocidad de captura. La selección del valor adecuado depende de los siguientes factores:

*Limite inferior*

1. Corrientes de aire en el local mínimas o favorables a la captura del contaminante.
2. Contaminantes de baja toxicidad o unicamente molestos.
3. Producción de contaminantes baja o intermitente.
4. Campana de gran tamaño o con una gran masa de aire en movimiento

*Limite superior*

1. Corrientes de aire distorsionantes en el local
2. Contaminantes de alta toxicidad
3. Gran producción, uso continuo.
4. Campana pequeña, unicamente control local.

Fuente: Manual de ventilación industrial

Al tratarse de concentrado de cobre se consideró como generación activa en zona de rápido movimiento de aire, de acuerdo al análisis entre los límites inferiores y superiores, la velocidad de captura elegida es 1.54 m/s, el caudal de extracción calculado y sabemos que el ancho de la faja es 0.6 m, como el elemento de captación se encuentra en un cerramiento en la faja, entonces el ancho es el mismo; es decir 0.6 m, determinamos el largo de la campana con la siguiente ecuación.

$$Q = V_C \times W_C \times L_C \dots (Ec. 6)$$

Donde:

$Q = \text{Caudal de extracción (m}^3/\text{s)}$

$V_C = \text{Velocidad de captura (m/s)}$

$W_C = \text{Ancho de campana (m)}$

$L_C = \text{Longitud de campana (m)}$

Reemplazando los datos:

$$1.386 \text{ m}^3/\text{s} = 1.54 \text{ m/s} \times 0.6 \text{ m} \times L_C$$

Calculando la ecuación obtenemos el largo de la campana:

$$L_C = 1.5 \text{ m}$$

### 3.1.2. Dimensionamiento del elemento de captación B: menor captura de carga del polvo concentrado en tolva receptora 5830-HO-001

La velocidad se considera en función a las condiciones de dispersión del contaminante presentado en la tabla 10. Se consideró como liberado a baja velocidad en aire, ya que el edificio se encuentra completamente hermetizado y la campana es de menor captura de carga de polvo, de acuerdo al análisis entre los límites inferiores y superiores, la velocidad de captura elegida es 0.51 m/s.

El dimensionamiento de la campana se determinará de acuerdo con el Industrial Ventilation. A Manual of Recommended Practice, capítulo 10-37: operaciones específicas, extracción en silos y tolvas "VS-304, este indica que la campana debe cubrir lo máximo posible la tolva. De la tabla 7. Características Principales de los Equipos, el ancho de la tolva correspondiente al lado lateral de descarga es de 3.54 m, teniendo en cuenta una tolerancia para la instalación de la campana, se considera las siguientes dimensiones:

$$L_C = 3.52 \text{ m}$$

$$W_C = 1.8 \text{ m}$$

Para determinar el caudal de extracción de acuerdo con el Industrial Ventilation. A Manual of Recommended Practice, capítulo 10: operaciones específicas, extracción en tamices "VS-307", este se obtendrá en función a las dimensiones del elemento de captación, con la siguiente ecuación:

$$Q = 0.51 \frac{m^3}{s} \times L_C \times W_C \dots (EC. 7)$$

Donde:

$Q =$  Caudal de extracción ( $m^3/s$ )

$L_C =$  Longitud de la campana (m)

$W_C =$  Ancho de la campana (m)

$$Q = 0.51 \frac{m^3}{s} \times 1.8 m \times 3.52 m = 3.202 \frac{m^3}{s}$$

$$Q = 11,527 \frac{m^3}{hr}$$

El elemento de captación B, extraerá un caudal del  $11,527 m^3/hr$ .

3.1.3. Dimensionamiento los elementos de captación C Y D: mayor captura de carga del polvo concentrado en tolva receptora 5830-HO-001

Siguiendo el mismo procedimiento para dimensionar el elemento de captación B, pero en este caso considerando que los elementos de captación son de mayor captura de carga al estar distribuidos en lado frontal contraria a la descarga del concentrado, de la tabla 10. Consideramos la velocidad de captura  $0.76 m/s$ .

De acuerdo con el Industrial Ventilation. A Manual of Recommended Practice, capítulo 10-37: operaciones específicas, extracción en silos y tolvas "VS-304, este indica que la campana debe cubrir lo máximo posible la tolva. De la tabla 7. Características Principales de los Equipos, el largo de la tolva correspondiente al lado frontal de descarga es de  $11.56 m$ , teniendo en cuenta una tolerancia para la instalación de la campana, en este caso son dos homogéneas, se considera las siguientes dimensiones:

$$L_C = 5.2 m$$

$$W_C = 1.8 m$$

Para determinar el caudal de extracción de acuerdo con el Industrial Ventilation. A Manual of Recommended Practice, capítulo 10: operaciones específicas, extracción en tamices “VS-304”, este se obtendrá en función a las dimensiones del elemento de captación, con la siguiente ecuación:

$$Q = 0.762 \frac{m^3}{s} \times L_c \times W_c \dots (EC.8)$$

En Donde:

$Q =$  Caudal de extracción ( $m^3/s$ )

$L_c =$  Longitud de la campana (m)

$W_c =$  Ancho de la campana (m)

$$Q = 0.762 \frac{m^3}{s} \times 5.2 m \times 1.8 m = 7.142 \frac{m^3}{s}$$

$$Q = 25,711 \frac{m^3}{hr}$$

Los elementos de captación C Y D, extraerán un caudal del  $25,711 m^3/hr$ .

### 3.2. Dimensionamiento del Sistema de Conductos

El dimensionamiento de los ductos se realizará alineado a las especificaciones del Industrial Ventilation. A Manual of Recommended Practice, en el cual recomiendan los rangos recomendados para la velocidad de transporte según la naturaleza del contaminante. Para este proyecto de acuerdo con la tabla 4. El material es concentrado de cobre, por el cual se consideró polvo pesado.

**Tabla 11.** Valores recomendados para velocidad de conductos

Naturela del contaminante	Ejemplos	Velocidad de diseño (m/s)
Vapores, gases, humos de combustión	Todos los vapores, gases y humos	Indiferente (la velocidad óptima económicamente suele encontrarse entre 5 y 10 m/s)
Humos de soldadura	Soldadura	10-12,5
Polvo muy fino y ligero	Hilos de algodón, harina de madera, polvo de talco	12,5-15
Polvos secos	Polvo fino de caucho, baquelita en polvo para moldeo, hilos de yute, polvo de algodón, virutas (ligeras). Polvo de detergente, raspaduras de cuero.	15-20
Polvo ordinario	Polvo de desbarbado, hilos de muela de pulir (secos), polvo de lana de yute (residuos de sacudir), polvo de granos de café, polvo de cuero, polvo de granito, harina de sílice, manejo de materiales pulverulentos en general, corte-de-ladrillos, polvo de arcilla, funciones(en general), polvo de caliza, polvo de caliza, polvo en el embalado y pesado de amianto en industrias textiles.	17,5-20
Polvos pesados	Polvo de aserrado(pesado y húmedo), viruta metálica, polvo de desmoldeo en fundiciones, polvo en el chorreado con arena, pedazos de madera, polvo de barrer, virutas de latón, polvo en el taladrado de fundición, polvo de plomo.	20-22,5
Polvo pesado húmedo	Polvo de plomo con pequeños pedazos, polvo de cemento húmedo. Polvo del corte de tubos de amianto-cemento, hilos de muela de pulir (pegajosos)	> 22,5

Fuente: Manual de Ventilación Industrial

La velocidad de diseño recomendado estará en el rango de 20 a 22.5 m/s y con el caudal calculado de cada elemento de captación, se procederá con el cálculo para el dimensionamiento del sistema de conductos de acuerdo a cada tramo designado como se observa en la Figura 16. Considerando la premisa de la ecuación de continuidad, se demostrará dimensionar el conducto del tramo A – Z1 correspondiente al punto de la faja receptora, en la cual el caudal de captación de la campana se conserva hacia el ingreso del ducto. Se tiene la siguiente ecuación:

$$Q = V_t \times A_d \dots (Ec. 9)$$

Donde:

$$Q = \text{Caudal de extracción (m}^3/\text{s)}$$

$$A_d = \text{Sección de ducto (m}^2\text{)}$$

$$V_t = \text{Velocidad de transporte (m/s)}$$

Modificando la ecuación con respecto al diámetro de ducto se tiene lo siguiente:

$$D = \sqrt{\frac{Q \times 4}{V_t \times \pi}} \dots \text{(Ec. 10)}$$

Reemplazando los valores determinados, obtenemos:

$$D = \sqrt{\frac{1.3802 \times 4}{20 \times \pi}} = 0.296 \text{ m}$$

De acuerdo con las indicaciones del manual de ventilación, capítulo 5: Procedimientos de Diseño de Sistemas de Extracción Localizada, en el punto 5.2. Procedimiento de diseño. Se debe elegir la sección inmediatamente inferior a la calculada, con la finalidad que, al recalculer la velocidad real, sea superior a la mínima necesaria. De acuerdo con lo indicado, procedemos a redondear el diámetro a su inmediato inferior correspondiendo a 0.29, esto se debe a que al corregir la velocidad de transporte, este sea mayor con la finalidad que no ocurra estancamiento y deposición del material en los conductos. Despejando la velocidad de transporte en la ecuación 9:

$$V_t = \frac{4 \times Q}{D^2 \times \pi}$$

$$V_t = \frac{4 \times 1.3802 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{(0.29)^2 \times \pi} = 20.9 \text{ m/s}$$

Este procedimiento se realizará para el dimensionamiento de los ductos correspondientes al resto de tramos designados en el sistema.

**Tabla 12.** Dimensionamiento de sistema de conductos respecto a cada tramo

Tramo de Ducto	Caudal (m3/hr)	Velocidad Seleccionada (m/s)	Diámetro Teórico (m)	Diámetro Corregido (m)	Velocidad Corregida (m/s)
D-Z3	25,710.5	20	0.653	<b>0.65</b>	<b>21.5</b>
C-Z3	25,710.5	20	0.653	<b>0.65</b>	<b>21.5</b>
Z3-Z2	51,422	20	0.924	<b>0.9</b>	<b>22.5</b>
B-Z2	11,527	20	0.458	<b>0.45</b>	<b>20.1</b>
Z2-Z1	62,949	20	1.059	<b>1.05</b>	<b>20.2</b>
A-Z1	4,969.3	20	0.296	<b>0.29</b>	<b>20.9</b>
Z1-W	67,918	20	1.062	<b>1.05</b>	<b>21.8</b>
X-Y	67,918	20	1.062	<b>1.05</b>	<b>21.8</b>

Fuente. Elaboración Propia

### 3.3. Selección del Colector de Polvo

Para la selección del colector de polvo, se realizará sobre la base del caudal de flujo del edificio de descarga de camiones, estos se determinarán por:

#### 3.3.1. Cálculo del Flujo de Aire por Ventilación

- Determinar las Renovaciones de Aire por Hora

De acuerdo con los organismos internacionales especializados en ventilación (Norma DIN 1946), se recomienda realizar el cálculo en función a los cambios totales de flujo de aire del recinto por hora (renovaciones/hora). El dato requerido para tomar este criterio es el volumen del establecimiento o lugar del cual se quiere calcular el caudal de ventilación.

**Tabla 13.** Número de renovaciones por hora de acuerdo con el tipo de local

TIPO DE LOCAL	RENOVACIONES DE AIRE POR HORA	SECTOR
Almacenes	5-10	INDUSTRIAL
Cabinas de pintura	25-50	
Cocinas industriales	15-30	
Fundiciones	8-15	
Inodoro industrial	8-15	
Laboratorios	8-15	
Laminadores	8-12	
Locales de aerógrafos	10-20	
Locales de decapado	5-15	
Remojos	≤ 80	
Salas de fotocopias	10-15	
Salas de máquinas	10-40	
Talleres de gran alteración del aire	10-20	
Talleres de montaje	4-8	
Talleres de poca alteración del aire	3-6	
Talleres de soldadura	20-30	
Tintorerías	5-15	

Fuente: (Casals Vortice Group)

Teniendo en cuenta que es un almacén de concentrados, optaremos por elegir el rango máximo, siendo este de 10 renovaciones/hora.

- Determinar el volumen del almacén (Edificio de descarga de camiones)

En la ecuación 3. Se calculó el volumen total del edificio de descarga de camiones, obteniendo como resultado:  $V_T = 4,562 m^3$

Definido el volumen y las renovaciones correspondientes, se procede a calcular el flujo de aire requerido por ventilación en el edificio según:

$$\text{Flujo de aire} = N \times V_T \dots (\text{Ec. 11})$$

Donde:

$N$  = Número Renovaciones (renovaciones/hora)

$V_T$  = Volumen del edificio de descarga ( $m^3$ )

$$\text{Flujo de aire} = 10 \times 4,562 = 45,620 \frac{m^3}{hr}$$

### 3.3.2. Cálculo del Flujo de Extracción por Control de Polvo

Este caudal hace referencia al flujo calculado por la captación de las campanas del dimensionamiento realizado para cada una de estas:

- *Flujo de extracción Elemento de Captación A:*
- *Flujo de extracción Elemento de Captación B*
- *Flujo de extracción Elemento de Captación C*
- *Flujo de extracción Elemento de Captación D*

De los cálculos desarrollados y explicados en el punto 3.1. Dimensionamiento de elementos de captación:

**Tabla 14.** Especificaciones de los Elementos de Captación

Elemento de Captación	Punto de Extracción	Largo de Campa (m)	Ancho de Campana (m)	Velocidad de Captura (m/s <sup>2</sup> )	Caudal de Extracción (m <sup>3</sup> /hr)
A	Descarga de alimentador 5830-FE-001 hacia faja transportadora 5830-CV-001	1.5	0.6	1.54	4969
B	Captura remanentes en tolva HO-5830-001, para baja carga de polvo fino	3.52	1.8	0.51	11527
C	Captura remanentes en tolva HO-5830-001, para una mayor carga de polvo fino	5.2	1.8	0.76	25711
D	Captura remanentes en tolva HO-5830-001, para una mayor carga de polvo fino	5.2	1.8	0.76	25711
<b>Caudal Total de Extracción por Control de Polvo</b>					<b>67,918</b>

Fuente. Elaboración Propia

$$Q_{EXTRACCIÓN DE POLVO} = 67,918 \frac{m^3}{hr}$$

Basándonos en los flujos calculados por ventilación (45,620 m<sup>3</sup>/hr) y extracción por control de polvo (67,918 m<sup>3</sup>/hr), seleccionamos el colector de polvo que cumpla para la aplicación de máxima demanda de extracción; siendo así, el flujo volumétrico nominal del colector de polvo requerido será de **68,510 m<sup>3</sup>/hr**.

El modelo del colector de polvo se seleccionará en función al área de filtración de la obtención de la relación aire tela con la siguiente ecuación:

$$V_f = 2.878 \times A \times B \times T^{-0.2335} \times L^{-0.06021} \times (0.7471 + 0.0853 \ln D_p) \dots (Ec. 12)$$

Donde:

$V_f$  = Relación aire tela (ft/min)

$A$  = Factor del material (adimensional)

$B$  = Factor del aplicación (adimensional)

$T$  = Temperatura (°F)

$L$  = Carga de polvo de entrada (gr/ft<sup>3</sup>)

$D_p$  = Diámetro promedio en masa de la partícula (μm)

**Tabla 15.** Factor de Material

A. Factor del Material				
15 <sup>b</sup>	12	10	90	6.0 <sup>c</sup>
Mezcla para Pastel	Asbesto	Oxido de	Fertilizante de	Carbón activado
Polvo de cartón	Polvo para Pulido	Aspirina	fosfato de amonio	Carbón negro
Cacao	Material fibroso	Carbón negro	Pastel	(molecular)
Alimentos	y celulósico	(terminado)	Diatomáceas	Detergentes
Harina	Residuo del agitado	Cemento	Petroquímicos secos	Humos y otros
Grano	en fundiciones	Pigmentos	Tintas	productos
Polvo de piel	Yeso	de cerámica	Ceniza flotante	dispersados
Aserrín	Cal (hidratada)	Polvos de arcilla	Polvo metálico	directo de las
Tabaco	Perlita	y de ladrillo	Oxidos metálicos	reacciones
	Químicos del hule	Carbón	Pigmentos	Leche en polvo
	Sal	Fluorspar	metálicos y sintéticos	Jabón
	Arena	Goma natural	Plásticos	
	Polvo del soplado	Caolina	Resinas	
	de arena	Piedra caliza	Silicatsps	
	Carbonato de sodio	Percloratos	Almidón Estearatos	
		Polvo de roca, y	Acido Tánico	
		de minerales		
		Silice		
		Azúcar		
		Acido Sórbico		

Fuente. Manual de Ventilación Industrial

**Tabla 16.** Factor de Aplicación

**B. Factor de la Aplicación**

Ventilación de Emisiones Molestas (insidiosas) Alivio de los puntos de transferencia, transportadores, estaciones de embalaje, etc.	1.0
Recolección de Producto Transporte-ventilación del aire, molinos, secadoras relámpago, clasificadores, etc.	0.9
Filtración del Gas de Proceso Secadoras por aspersión, hornos, reactores, etc.	0.8

Fuente. Manual de Ventilación Industrial

De las tablas 5 y 7 de la definición de parámetros, se obtiene  $T$ ,  $L$  y  $el D_p$  y con los factores de material y aplicación de las tablas 15 y 16, reemplazamos en la ecuación 12:

$$V_f = 8.675 \frac{ft}{min}$$

Con la relación aire/tela obtenida, proseguimos a hallar el área de filtrado con la siguiente fórmula:

$$A_f = \frac{Q_T}{V_f} \dots (Ec. 13)$$

Donde:

$A_f = \text{Área de filtrado del sistema (ft}^2\text{)}$

$Q_T = \text{Caudal requerido por el colector (cfm)}$

$V_f = \text{Relación aire tela (ft/min)}$

Reemplazando los datos, obtenemos el área de filtrado:

$$A_f = 4,648.9 \text{ ft}^2 = 431.9 \text{ m}^2$$

Con esta área de filtración, obtendremos el número de mangas de tela necesarias para el colector de polvo de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$N_{M.T} = \frac{A_f}{A_{M.T}} \dots (Ec. 14)$$

Donde:

$N_{M.T}$  = Número total de mangas de tela

$A_f$  = Área de filtrado del sistema ( $ft^2$ )

$A_{M.T}$  = Área de filtración de la manga de tela ( $ft^2$ )

**Tabla 17.** Especificaciones de las mangas de tela de Poliéster Glaseado

Modelos de Colectores	Área de Filtración		Diámetro Externo		Longitud*	
	ft <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	in	mm	in	mm
FS/RSD Baghouse	6.7	0.6	5.875	149.23	52	1320.8
	9.7	0.9	5.875	149.23	76	1930.4
	12.8	1.2	5.875	149.23	100	2540
	15.9	1.5	5.875	149.23	124	3149.6
	19.0	1.8	5.875	149.23	148	3759.2
FT/LP Baghouse	6.2	6.0	5.875	149.23	48.5	1231.9
	9.3	0.9	5.875	149.23	72.5	1841.5
	12.4	1.2	5.875	149.23	96.5	2451.1
	15.4	1.4	5.875	149.23	120.5	3060.7
	18.5	1.7	5.875	149.23	144.5	3670.3
HP Baghouse - HPH, HPT, HPW	10.2	1.0	3 x 6.6	76.2 x 167.64	99	2515
HPB Baghouse	7.1	0.7	4.5	114.3	73	1854
	9.4	0.9	4.5	114.3	97	2464
	11.8	1.1	4.5	114.3	121	3073
MB Baghouse - MBT, MBW	8.0	0.7	6.14	155.96	60	1524
	9.6	0.9	6.14	155.96	72	1829
	12.8	1.2	6.14	155.96	96	2348
	16.0	1.5	6.14	155.96	120	3048
	19.2	1.8	6.14	155.96	144	3658
PJ & PJD Baghouse - PJ, PJD	7.6	0.7	4.85	123.19	77	1956
	10.1	1.0	4.85	123.19	101	2565
	12.7	1.2	4.85	123.19	125	3175
	15.2	1.4	4.85	123.19	149	3785

Fuente. Catálogo Filtros de Tela Poliestér, Donaldson Company Inc.

Se determina el número de mangas en función a las dimensiones de estas, ya que el área de filtración depende de su diámetro y longitud, de acuerdo con esto, las mangas más adecuadas serán las de diámetro externo de 5.875 y longitud de 144.5 seleccionadas de la tabla 17. Se obtiene el área de filtración de cada manga de tela. Reemplazando en la ecuación 14.

$$N_{M.T} = \frac{4,648.9 \text{ ft}^2}{18.5 \text{ ft}^2} = 251.3 = 252$$

Con el área de filtración determinada y el caudal requerido, proseguiremos a seleccionar el modelo del colector de polvo, para esto utilizaremos el catálogo: FT Pulse Jet Baghouse Dust Collectors, Donaldson Company, Inc.

**Tabla 18.** Especificaciones Colectores de Polvo Modelo FT

Model	Nominal Airflow Range*		Cloth Area		Length of Bag Filters		FTD Shipping Weight		FTP Shipping Weight		FTD Dimensions						FTP Dimensions					
	cfm	m³/h	ft²	m²	ft	m	lb	kg	lb	kg	A		B		C		A		B		C	
											in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm
9FT4	240 - 600	408 - 1,019	60	5.6	4	1.2	1,300	589.7	—	—	30	762.0	30	762.0	163	762.0	—	—	—	—	—	—
9FT6	360 - 900	612 - 1,529	90	8.4	6	1.8	1,400	635.0	—	—	30	762.0	30	762.0	187	762.0	—	—	—	—	—	—
9FT8	480 - 1,200	815 - 2,038	120	11.1	8	2.4	1,500	680.4	—	—	30	762.0	30	762.0	211	762.0	—	—	—	—	—	—
16FT4	428 - 1,070	727 - 1,818	107	9.9	4	1.2	1,600	725.7	—	—	38	965.2	38	965.2	170	965.2	—	—	—	—	—	—
16FT6	640 - 1,600	1,087 - 2,718	160	14.9	6	1.8	1,800	816.5	—	—	38	965.2	38	965.2	194	965.2	—	—	—	—	—	—
16FT8	852 - 2,130	1,447 - 3,618	213	19.8	8	2.4	1,900	861.8	—	—	38	965.2	38	965.2	218	965.2	—	—	—	—	—	—
25FT4	688 - 1,670	1,169 - 2,837	167	15.5	4	1.2	1,900	861.8	—	—	46	1168.4	46	1168.4	177	1168.4	—	—	—	—	—	—
25FT6	1,000 - 2,500	1,699 - 4,247	250	23.2	6	1.8	2,100	952.5	—	—	46	1168.4	46	1168.4	201	1168.4	—	—	—	—	—	—
25FT8	1,322 - 3,330	2,246 - 5,657	333	30.9	8	2.4	2,300	1043.3	—	—	46	1168.4	46	1168.4	225	1168.4	—	—	—	—	—	—
36FT4	960 - 2,400	1,631 - 4,077	240	22.3	4	1.2	2,200	997.9	—	—	54	1371.6	54	1371.6	184	1371.6	—	—	—	—	—	—
36FT6	1,440 - 3,600	2,446 - 6,115	360	33.4	6	1.8	2,400	1088.6	—	—	54	1371.6	54	1371.6	208	1371.6	—	—	—	—	—	—
36FT8	1,920 - 4,800	3,261 - 8,154	480	44.6	8	2.4	2,700	1224.7	—	—	54	1371.6	54	1371.6	232	1371.6	—	—	—	—	—	—
49FT4	1,308 - 3,270	2,222 - 5,555	327	30.4	4	1.2	2,600	1179.3	—	—	62	1574.8	62	1574.8	191	1574.8	—	—	—	—	—	—
49FT6	1,960 - 4,900	3,329 - 8,323	490	45.5	6	1.8	2,900	1315.4	—	—	62	1574.8	62	1574.8	215	1574.8	—	—	—	—	—	—
49FT8	2,612 - 6,530	4,437 - 11,092	653	60.7	8	2.4	3,200	1451.5	—	—	62	1574.8	62	1574.8	239	1574.8	—	—	—	—	—	—
64FT6	2,560 - 6,400	4,349 - 10,871	640	59.5	6	1.8	3,400	1542.2	—	—	70	1778.0	70	1778.0	222	1778.0	—	—	—	—	—	—
64FT8	3,412 - 8,530	5,796 - 14,489	853	79.2	8	2.4	3,800	1723.7	—	—	70	1778.0	70	1778.0	246	1778.0	—	—	—	—	—	—
64FT10	4,264 - 10,660	7,243 - 18,108	1066	99.0	10	3.0	4,100	1859.7	—	—	70	1778.0	70	1778.0	271	1778.0	—	—	—	—	—	—
81FT8	4,320 - 10,800	7,338 - 18,345	1080	100.3	8	2.4	5,750	2608.2	6,750	3061.7	82	2082.8	82	2082.8	265	2082.8	82	2082.8	82	2082.8	304.1	7724.1
81FT10	5,400 - 13,500	9,173 - 22,932	1350	125.4	10	3.0	6,250	2835.0	7,500	3401.9	82	2082.8	82	2082.8	289	2082.8	82	2082.8	82	2082.8	352.1	8943.3
81FT12	6,480 - 16,200	11,007 - 27,518	1620	150.5	12	3.7	6,750	3061.7	8,250	3742.1	82	2082.8	82	2082.8	313	2082.8	82	2082.8	82	2082.8	400.1	10162.5
100FT8	5,332 - 13,330	9,057 - 22,643	1333	123.8	8	2.4	6,500	2948.4	7,500	3401.9	90	2286.0	90	2286.0	272	2286.0	90	2286.0	90	2286.0	317.5	8064.5
100FT10	6,668 - 16,670	11,327 - 28,316	1667	154.9	10	3.0	7,000	3175.1	8,500	3855.5	90	2286.0	90	2286.0	296	2286.0	90	2286.0	90	2286.0	365.5	9283.7
100FT12	8,000 - 20,000	13,589 - 33,973	2000	185.8	12	3.7	7,500	3401.9	9,250	4195.7	90	2286.0	90	2286.0	320	2286.0	90	2286.0	90	2286.0	413.5	10502.9
121FT8	6,452 - 16,130	10,960 - 27,399	1613	149.8	8	2.4	7,500	3401.9	8,750	3968.9	98	2489.2	98	2489.2	280	2489.2	98	2489.2	98	2489.2	324.6	8244.8
121FT10	8,068 - 20,170	13,705 - 34,262	2017	187.4	10	3.0	8,250	3742.1	9,750	4422.5	98	2489.2	98	2489.2	304	2489.2	98	2489.2	98	2489.2	372.6	9464.0
121FT12	9,680 - 24,200	16,443 - 41,107	2420	224.8	12	3.7	8,750	3968.9	10,750	4876.1	98	2489.2	98	2489.2	328	2489.2	98	2489.2	98	2489.2	420.6	10683.2
144FT8	7,680 - 19,200	13,046 - 32,614	1920	178.4	8	2.4	8,250	3742.1	9,750	4422.5	106	2692.4	106	2692.4	287	2692.4	106	2692.4	106	2692.4	329.6	8371.8
144FT10	9,600 - 24,000	16,307 - 40,768	2400	223.0	10	3.0	9,000	4082.3	11,000	4989.5	106	2692.4	106	2692.4	311	2692.4	106	2692.4	106	2692.4	377.6	9591.0
144FT12	11,520 - 28,800	19,568 - 48,921	2880	267.6	12	3.7	9,750	4422.5	12,000	5443.1	106	2692.4	106	2692.4	335	2692.4	106	2692.4	106	2692.4	425.6	10810.2
169FT8	9,012 - 22,530	15,308 - 38,271	2253	209.3	8	2.4	9,250	4195.7	10,750	4876.1	114	2895.6	114	2895.6	294	2895.6	114	2895.6	114	2895.6	342.9	8709.7
169FT10	11,268 - 28,170	19,140 - 47,851	2817	261.7	10	3.0	10,000	4535.9	12,000	5443.1	114	2895.6	114	2895.6	318	2895.6	114	2895.6	114	2895.6	390.9	9928.9
169FT12	13,520 - 33,800	22,966 - 57,414	3380	314.0	12	3.7	11,000	4989.5	13,500	6123.5	114	2895.6	114	2895.6	342	2895.6	114	2895.6	114	2895.6	438.9	11148.1
196FT8	10,452 - 26,130	17,754 - 44,386	2613	242.7	8	2.4	10,250	4649.3	11,750	5329.7	122	3098.8	122	3098.8	301	3098.8	122	3098.8	122	3098.8	349.8	8884.9
196FT10	13,068 - 32,670	22,198 - 55,495	3267	303.5	10	3.0	11,000	4989.5	13,250	6010.1	122	3098.8	122	3098.8	325	3098.8	122	3098.8	122	3098.8	397.8	10104.1
196FT12	15,680 - 39,200	26,635 - 66,587	3920	364.2	12	3.7	12,000	5443.1	10,000	4535.9	122	3098.8	122	3098.8	349	3098.8	122	3098.8	122	3098.8	445.8	11323.3
225FT8	12,000 - 30,000	20,384 - 50,960	3000	278.7	8	2.4	11,250	5102.9	13,500	6123.5	130	3302.0	130	3302.0	308	3302.0	130	3302.0	130	3302.0	358.2	9098.3
225FT10	15,000 - 37,500	25,480 - 63,699	3750	348.4	10	3.0	12,250	5556.5	15,000	6803.9	130	3302.0	130	3302.0	332	3302.0	130	3302.0	130	3302.0	406.2	10317.5
225FT12	18,000 - 45,000	30,576 - 76,439	4500	418.1	12	3.7	13,250	6010.1	16,500	7484.3	130	3302.0	130	3302.0	356	3302.0	130	3302.0	130	3302.0	454.2	11536.7
252FT8	13,440 - 33,600	22,830 - 57,075	3360	312.1	8	2.4	15,000	6803.9	17,500	7937.9	122	3098.8	168	3098.8	311.3	3098.8	122	3098.8	168	4267.2	361.1	9171.9
252FT10	16,800 - 42,000	28,537 - 71,343	4200	390.2	10	3.0	16,000	7257.5	19,000	8618.3	122	3098.8	168	3098.8	335.3	3098.8	122	3098.8	168	4267.2	409.1	10391.1
252FT12	20,160 - 50,400	34,245 - 85,612	5040	468.2	12	3.7	17,000	7711.1	20,500	9298.6	122	3098.8	168	3098.8	359.3	3098.8	122	3098.8	168	4267.2	457.1	11610.3
336FT8	17,920 - 44,800	30,440 - 76,100	4480	416.2	8	2.4	18,200	8255.4	21,200	9616.2	122	3098.8	224	3098.8	311.3	3098.8	122	3098.8	224	5689.6	361.1	9171.9
336FT10	22,400 - 56,000	38,050 - 95,124	5600	520.2	10	3.0	19,700	8935.8	23,200	10523.3	122	3098.8	224	3098.8	335.3	3098.8	122	3098.8	224	5689.6	409.1	10391.1
336FT12	26,880 - 67,200	45,660 - 114,149	6720	624.3	12	3.7	21,200	9616.2	25,200	11430.5	122	3098.8	224	3098.8	359.3	3098.8	122	3098.8	224	5689.6	457.1	11610.3

Fuente. Catálogo FT Pulse Jet Baghouse Dust Collectors, Donaldson Company Inc.

Como se observa en la tabla 18, según los cálculos determinados y la selección del filtro de tela, el modelo del colector de polvo más adecuado es:

### **Colector de Polvo Modelo 252FT12 Tipo Pulse Jet**

#### **3.4. Selección Ventilador Centrífugo**

Obtenidos los caudales de captación para la extracción de polvo del sistema, dimensionado adecuadamente las campanas, la sección de los conductos y haber realizado el trazado determinando la distribución, la longitud de cada tramo, codos necesarios, el número y tipos de uniones, procedemos a seleccionar el ventilador más adecuado para el sistema de colección de polvo.

El método utilizado para el cálculo fue el de Presión Dinámica, este consiste en relacionar la presión dinámica con las pérdidas de carga generadas por el rozamiento y la resistencia de forma por desprendimiento en accesorios, estas serán determinadas mediante los factores recomendados por el Manual de Ventilación Industrial de acuerdo con el criterio de diseño establecido y la distribución de las campanas, el sistema de conductos rectos, codos, uniones y accesorios prescindibles para un buen transporte del material extraído en el proceso de descarga de camiones.

- Corrección de Densidad de Aire

Debido a que el proyecto se ha situado en el puerto de Ilo, debemos realizar una corrección de la densidad del aire en función a los factores de corrección de altura y temperatura con la siguiente ecuación:

$$\rho_c = \rho_s \times df_e \times df_T \dots (Ec. 15)$$

Donde:

$\rho_c$ : Densidad de aire corregida  $\left(\frac{kg}{m^3}\right)$

$df_e$ : Factor de Corrección de altura (asimensional)

$df_T$ : Factor de Corrección de Temperatura (asimensional)

$\rho_c$ : Densidad de aire estándar  $\left(\frac{kg}{m^3}\right)$

Factor de Corrección Por Altura:

De la tabla 4. La altitud desarrollada del proyecto es 40 m.s.n.m a una temperatura de 28 °C.

$$df_e = (1 - (6.73 \times 10^{-6} \times z))^{5.258} \dots (Ec. 16)$$

Donde:

$df_e$ : Factor de corrección de altura

$z$ : Altitud (ft)

$$df_e = 0.7517$$

Factor de Corrección Por Temperatura:

$$df_T = \frac{530}{(T + 460)} \dots (Ec. 17)$$

$$df_T = 1.086$$

De la ecuación 15. Reemplazamos los factores calculados y determinamos la densidad corregida, obteniendo:

$$\rho_c = 1.00 \left(\frac{kg}{m^3}\right)$$

Ecuación para determinar la Presión Dinámica:

$$P_d = \rho_c \times \left(\frac{V_t}{4005}\right)^2 \dots (Ec. 18)$$

$P_d$ : Presión dinámica (inH<sub>2</sub>O)

$\rho_c$ : Densidad de aire corregida  $\left(\frac{lb}{ft^3}\right)$

$V_t$ : Velocidad de Transporte (ft/s)

Con ayuda de estos parámetros, desarrollaremos los cálculos para obtener las pérdidas de carga de todo el sistema por medio de una hoja de cálculo, el cual se muestra en la tabla 19. En función a las ecuaciones descritas y tablas adjuntas en los anexos se determinarán los factores de pérdida de carga en los accesorios, campanas, rendijas, uniones y conductos lineales.

Preliminarmente se determina un esquema del trazado de la red de conductos, la longitud de cada tramo, el número y tipo de uniones y los codos necesarios.

**Tabla 19.** Trazado de Red de Conductos

ITEM	Tramo de Ducto	Caudal (CFM)	Longitud (m)	Accesorios	Uniones	Diametro (mm)
1	D-Z3	15,133.50	7.214	1-90°	-	650
2	C-Z3	15,133.50	1.500	1-30°	1-45°	650
3	Z3-Z2	30,267	4.993	1-45°	-	900
4	B-Z2	6,785	1.500	1-30°	1-30°	450
5	Z2-Z1	37,052	2.873	1-45°	-	1050
6	A-Z1	2,925	11.200	1-30°, 1-90°	1-45°	290
7	Z1-W	39,977	4.181	-	-	1050
8	X-Y	39,977	4.300	1-90°	-	1050

Fuente: Elaboración Propia

Esta información será de mucha utilidad para definir las pérdidas de carga originado por cada elemento que componen el sistema de conductos.

Con los cálculos determinados del caudal de extracción de cada elemento de captación, las ecuaciones descritas de corrección de la presión atmosférica, la presión dinámica y los anexos I, J, K, L. se procede a completar la tabla 19.

**Tabla 20. Cálculo de Pérdidas de Carga del Sistema**

1	IDENTIFICACION DEL TRAMO DEL SISTEMA DE CONDUCTOS			D-Z3	C-Z3	Z3-Z2	B-Z2	Z2-Z1	A-Z1	Z1-W	X-Y
2	Caudal	Tabla 12	cfm	15133.5	15133.5	30267	6785	37052	2925	39977	39977
3	Velocidad Mínima de Transporte	Tabla 12	fpm	3937	3937	3937	3937	3937	3937	3937	3937
4	Densidad de aire corregida	Ecuac. 15	lb/ft3	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
5	Area Teórica del Conducto	Tabla 12	ft <sup>2</sup>	3.844	3.844	7.688	1.723	9.411	0.743	10.154	10.154
6	Diámetro del Conducto	Tabla 12	inches	25.59	25.59	35.43	17.72	41.34	11.42	41.34	41.34
7	Area Corregida del Conducto	Tabla 12	ft <sup>2</sup>	3.572	3.572	6.848	1.712	9.321	0.711	9.321	9.321
8	Velocidad Corregida del Conducto	Tabla 12	fpm	4237	4237	4420	3963	3975	4114	4289	4289
9	Presión Dinámica	Ecuac. 18	inH2O	1.12	1.12	1.22	0.98	0.99	1.06	1.15	1.15
10	SUCCION CAMPANA	Area de la Rendija	-	ft <sup>2</sup>	7.27	7.27	-	3.36	-	-	-
11		Factor Pérdida Rendija	Anexo I	inH2O	0.5488	0.5488	-	0.4802	-	-	-
12		Factor de Aceleración	-	0 or 1	0	0	-	0	-	-	-
13		Velocidad en las Rendijas	-	fpm	2082.89	2082.89	-	2017.11	-	-	-
14		Presión Dinámica en Rendija	Ecuac. 18	inH2O	0.27	0.27	-	0.25	-	-	-
15		Pérdidas en Pleno	Items: 11 + 12	inH2O	0.5488	0.5488	-	0.4802	-	-	-
16		Presión estática en el Pleno	Items: 14 x 15	inH2O	0.15	0.15	-	0.12	-	-	-
17		Factor Perdida de Entrada	Anexo I	inH2O	0.25	0.25	-	0.25	-	0.25	-
18		Factor de Aceleración	-	1 or 0	1	1	-	1	-	1	-
19		Perdida de entrada en Campana	Items: 17 + 18	VPtotal	1.25	1.25	-	1.25	-	1.25	-
20	Presión Dinámica entrada	Items: 9 x 19	inH2O	1.4	1.4	-	1.23	-	1.33	-	
21	Otras Pérdidas	-	inH2O	-	-	-	-	-	-	-	
22	Succion en Campana	Items: 16 + 20 + 21	inH2O	1.55	1.55	-	1.35	-	1.33	-	
23	DUCT	Longitud de Conducto Recto	Tabla 20	ft	23.6693	4.9213	16.3812	4.9213	9.4259	36.7454	13.7172
					7214.403	1500.012	4992.99	1500.012	2873.014	11200	4181.003
24	Factor fricción conducto rectos	Anexo L	inH2O	0.0073	0.0073	0.0049	0.0115	0.0041	0.0196	0.004	0.004
25	Nº de Codos	Tabla 20	und	1	1	1	1	1	2	0	1
26	Perdida en Codos	Anexo J	inH2O	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0	0.19
27	Perdida en uniones	Anexo K	inH2O	-	0.28	-	0.18	-	0.28	-	-
28	Factor Pérdida de accesorios especiales	-	inH2O	-	-	-	-	-	-	-	-
29	Pérdidas Fricción del conducto	Items: 23 x 24	inH2O	0.17	0.04	0.04	0.06	0.07	0.72	0.05	0.06
30	Pérdidas por Codos	Items: 25 x 26	inH2O	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.48	0	0.19
31	Pérdidas en el Conducto	Items: 27 + 28 + 29 + 30	inH2O	0.41	0.56	0.28	0.48	0.31	1.48	0.05	0.25
32	Pérdidas Dinámica del Conducto	Items: 31 x 9	inH2O	0.46	0.63	0.34	0.47	0.31	1.57	0.06	0.47
33	Otras Pérdidas Dinámicas	-	inH2O	0.25	0.25	4	-	2.06	-	-	1.45
34	Presión Estática del Conducto	22 + 32 + 33	inH2O	-2.26	-0.31	-4.34	1.82	-2.37	-2.18	-0.06	1.92

Fuente: Elaboración Propia

Mediante el desarrollo de las tablas 19 y 20, se calculó las pérdidas de carga totales del sistema desde los puntos de captación del material hasta el ingreso al ventilador, cabe mencionar que se debe considerar los ramales con mayor trayecto para determinar la mayor caída de presión con el cual se seleccionará adecuadamente el ventilador.

Ya determinadas todas las pérdidas de carga del sistema, se procede a hallar la presión estática del ventilador por medio de la siguiente ecuación:

$$PEV = SP_{OUT} - SP_{In} - VP_{In} \dots (Ec. 18)$$

Donde:

*PEV: Presión estática del Ventilador (inH<sub>2</sub>O)*

*SP<sub>OUT</sub>: Presión Estática de Salida del Sistema (inH<sub>2</sub>O)*

*SP<sub>In</sub>: Presión Estática de Ingreso del Sistema (inH<sub>2</sub>O)*

*VP<sub>In</sub>: Presión Dinámica de Ingreso del Sistema (inH<sub>2</sub>O)*

Reemplazando lo valores calculados en la ecuación 18:

$$PEV = (1.92 - (-2.26 - 4.34 - 2.37 - 0.06) - 1.15) \text{ inH}_2\text{O}$$

$$PEV = 9.8 \text{ inH}_2\text{O}$$

Redondean el cálculo por efectos de mayor seguridad redondeamos el valor:

$$PEV = 10.0 \text{ inH}_2\text{O}$$

De los cálculos obtenidos, el sistema necesitará un ventilador centrífugo con los siguientes parámetros:

**Caudal:** 40,323 CFM

**Presión Estática:** 10.0 inH<sub>2</sub>O

### 3.5. Cálculo y Dimensionamiento de Soportes Estructurales

La finalidad de este diseño es la de calcular y dimensionar los elementos estructurales que componen los soportes del colector de polvo, su contenido y otras cargas que ello implica. El procedimiento para lograr un adecuado diseño fue el siguiente:

- Calcular y dimensionar los elementos que compondrán la estructura final del soporte de acero.
- Analizar el caso más crítico de combinaciones de carga posible
- Seleccionar los perfiles adecuados sometidos a fuerzas variadas con la metodología LRFD.
- Contar con una estructura estable frente a la solicitud de carga específica.
- Calcular las reacciones que generan los esfuerzos debido a las cargas.

Consideraciones para el cálculo y dimensionamiento:

### **3.5.1. Herramientas de cómputo:**

- SAP 2000 V.20
- Excel 2016

### **3.5.2. Materiales:**

- Acero de refuerzo:  $f_Y = 420 \text{ Mpa}$ , esfuerzo de fluencia acero A-615
- Acero estructural (ASTM A-36):  $F_Y = 248 \text{ Mpa}$ , esfuerzo de fluencia acero A-36.
- Conexiones de acero estructural: A-325 para elementos principales y A-307 para elementos secundarios.
- Peso específico del acero:  $Y_S = 7850 \text{ kgf/m}^3$
- Módulo de elasticidad del acero:  $Y_S = 200 \text{ GPa}$
- Pernos de anclaje:  $f_Y = 240 \text{ Mpa}$ , ASTM F-1554 Grado 36

### **3.5.3. Estado de Carga**

Se han analizado 4 tipos de carga para el correcto cálculo y dimensionamiento estructural:

A. Carga Muerta (D).

Esta carga hace referencia al peso propio de los elementos estructurales

B. Carga Viva (L)

Las cargas vivas incluirán cargas de piso, cargas sobre el techo, cargas de operación de equipos, presión de líquidos o gases, y otras cargas similares que no sean consideradas cargas muertas. Estas cargas serán consistentes con la norma E-020 de cargas y con el Criterio de Diseño del presente proyecto:

- Carga viva en plataformas principales y descansos de escaleras en voladizo: 500 Kgf/m<sup>2</sup>
- Carga viva sobre estructuras de techo horizontal: 100 Kgf/m<sup>2</sup>
- Carga viva sobre estructuras de techo liviana: 30 Kgf/m<sup>2</sup>.

#### C. Cargas de Sismo (E)

La Norma empleada para este diseño es la UBC 97

- Las cargas de Sismo se aplicarán a los sistemas que se indiquen a continuación:
- Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF).
- Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF).
- Pórticos Ordinarios Resistentes Momentos (OMF).
- Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF).
- Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF).
- Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF).

#### D. Cargas de Viento (W)

La Norma empleada para este diseño es la UBC 97. La estructura, los elementos de cierre y los componentes exteriores de todas las edificaciones expuestas a la acción del viento, serán diseñados para resistir las cargas (presiones y succiones) exteriores e interiores debidos al viento, suponiendo que éste actúa en dos direcciones horizontales perpendiculares entre sí.

En la estructura la ocurrencia de presiones y succiones exteriores serán consideradas simultáneamente

### **3.5.4. Diseño de Los Elementos**

Para el prediseño correspondiente a la Ingeniería Básica de la estructura de soportes, se ha cuidado que la elección de cada uno de los elementos componentes de la estructura principal satisfagan los requerimientos de rigidez y resistencia para este nivel de análisis.

El prediseño descrito líneas arriba (y detallado en los planos que acompañan el presente proyecto) apunta a guardar una relación entre las dimensiones de los elementos principales de la estructura y las dimensiones propias de la misma a fin de cumplir con los requerimientos límites de deformación:

A. Deflexiones Verticales Permisibles:

- Vigas de Plataformas:  $L/300$
- Vigas de Plataformas – Soporte de Equipos Vibratorios:  $L/800$

B. Deflexiones Horizontales Permisibles:

- Por Viento, en pórticos con nudos rígidos en la dirección no arriostrada:  $L/200$
- Por viento, en otros tipos de pórticos:  $H/500$
- Estructuras de Soporte de Equipos Vibratorios:  $H/800$
- Edificios con puente grúa, donde H es la altura del edificio:  $H/400$  o  $50\text{mm}$

Todo el desarrollo, cálculos, metrado de cargas totales, combinación de cargas, verificación de los desplazamientos, diseño de los elementos estructurales, verificación de los elementos estructurales y componentes seleccionados se adjuntan en el **Anexo M: Diseño Soporte Estructural del Colector de Polvo** para su respectiva visualización.

## IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1. Discusiones

- El presente proyecto tuvo por objetivo diseñar un sistema de colección para disminuir el nivel de concentración de polvo en el edificio de descarga de camiones de Angloamerican, con la finalidad de cumplir lo requerido, el sistema diseñado opera con una eficiencia de filtración del 99.9% debido a que, la captación del polvo mineralizado no es material particulado; es decir, el tamaño de las partículas son mayores a 10  $\mu\text{m}$ . Lo expuesto guarda relación con lo determinado por los fabricantes especializados en el diseño de los colectores de polvo y filtros de tela ya que estos equipos y componentes, fueron puesto a prueba en sus laboratorios para situaciones más desfavorables, captando material particulado con una eficiencia de filtración de más del 99%.
- Así mismo, para realizar un adecuado diseño de colección de polvo y determinar el caudal de captación necesario para el sistema, se analizó los puntos donde se encuentra la mayor concentración de polvo en el que se procedió a seleccionar campanas del tipo cabinas parciales, siendo estas las más recomendables de acuerdo con el tipo de proceso. Esta selección guarda relación con lo expuesto por (Nivelo y Ugalde, 2011) los cuales indican que lo recomendable para selección del tipo de campana debe estar relacionado directamente con el tipo de proceso de extracción, características del material y velocidad de captura, en el caso de su investigación, ellos consideraron una velocidad de captura constante para cada elemento de captación por que el dimensionamiento de estas fueron proporcionales y lo realizaron en función a la distancia del foco de captura, para el caso de este proyecto se utilizaron 3 velocidades de acuerdo al punto de captación y están relacionadas con el caudal calculado para su extracción de acuerdo a las recomendaciones del Manual de Ventilación Industrial.

- Por otro lado, se dimensionó el sistema de conductos para el transporte del material desde el punto de captación hasta su limpieza para la emisión al ambiente, estos dimensionamientos guardan relación con la investigación de (Moran y salinas, 2021) debido a que seleccionaron una velocidad mínima de 20 m/s ya que el material a recolectar es polvo pesado. El cálculo de la sección transversal determinamos a través de la ecuación de continuidad debido a que el caudal de captura de las campanas se conserva hacia el ingreso del ducto, con esto se obtuvo el diámetro teórico el cual se corrigió, para el caso de este proyecto y de acuerdo en concordancia al Manual de Ventilación Industrial, el diámetro se redondeó al menor valor más cercano con el propósito de obtener una velocidad de transporte mayor para evitar el estancamiento de material y obstrucciones en el sistema, por otra parte ellos redondearon el diámetro al mayor valor más cercano para facilidades en la manufactura.
  
- De igual forma, para seleccionar el colector de polvo más apropiado del sistema, se procedió a calcular el área de filtración a través de la relación aire – tela en función al diámetro de partícula, densidad del material, factor de aplicación, factor de material, temperatura de operación y el caudal de extracción del sistema, con esto se determinó el número de mangas de tela necesarias que requiere el sistema y el colector apropiado en base a tablas de fabricantes. Según lo expuesto por (Galíndez, 2018), le resultó complicado definir algunos coeficientes para determinar la relación aire – tela debido a que estos no se encuentran en las tablas recomendadas por el Manual de Ventilación Industrial para el tipo de material de su estudio, por lo cual optó aproximar mediante una interpolación de resultados en tablas de valores que obtuvieron diversos ensayos empíricos, obteniendo así, la relación aire – tela, aproximando el valor necesario para su sistema. Lo que se requiere es obtener un valor más exacto que permita garantizar el cálculo para una correcta mitigación de polvo.

- Por otra parte, para la selección del ventilador, se calcularon todas las pérdidas de carga en el sistema, el criterio de cálculo guarda relación con lo investigado por (Pampa, 2020), ambos utilizamos el método de Presión Dinámica de acuerdo con las recomendaciones del Manual de Ventilación Industrial en la que indica que el punto de partida son los de captación del material el cual continuará por los ramales que presenten mayor caída de presión. Las pérdidas de carga en cada punto de los ductos se determinan de acuerdo con su forma geométrica, con la relación de la velocidad y presión dinámica, factor de radio de conductos circulares, factor de pérdida en codos a través de la relación  $R/D$  y factor de pérdida de entradas en ramales de acuerdo con el ángulo de estos, considerando estos factores de pérdida y sumando la presión dinámica en todos los puntos, obtuvimos la presión estática del ventilador y con el caudal de extracción calculado, seleccionamos el ventilador más adecuado del sistema.

## 4.2. Conclusiones

- El diseño del sistema de colección de polvo opera en condiciones óptimas, cumpliendo con la finalidad de disminuir la concentración de polvo debido a que la recolección del material más pequeño tiene un tamaño de  $19\ \mu\text{m}$  y el diseño fue proyectado para condiciones de operatividad más críticas considerando la captación de materiales particulados de tamaño comprendidos entre  $10\ \mu\text{m}$  (PM10) a  $2.5\ \mu\text{m}$  (PM2.5) por lo cual el sistema de colección presenta una eficiencia de filtrado del 99.9%.
- El dimensionamiento de los 4 elementos de captación, permiten disminuir el nivel de concentración de polvo en el edificio de descarga de camiones concentrados debido a la elección de los puntos más críticos analizados adecuadamente.
- El dimensionamiento del sistema de conductos permite disminuir el nivel de concentración de polvo debido a que se realizó un recálculo en la velocidad de transporte obteniendo un valor de incremento aproximadamente en 8.7%, esto conlleva a seleccionar el diámetro menor próximo del calculado, con la finalidad de evitar el estancamiento del material y obstrucciones en el sistema.
- Las 252 mangas de tela con dimensiones de 5.875 pulgadas de diámetro externo y 12 pies de longitud cumplen con el requerimiento de  $4,648.9\ \text{ft}^2$  del área de filtración calculada requeridas para reducir el nivel de concentración de polvo del sistema de colección.
- Basándonos en los cálculos determinados por las pérdidas de carga del sistema de conductos, se determina que se requiere un ventilador centrífugo con capacidad de  $40,323\ \text{CFM}$  y  $10\ \text{inH}_2\text{O}$  de presión estática.

## V. RECOMENDACIONES

- Se recomienda al departamento de mantenimiento, desarrollar un plan preventivo y predictivo que asegure la disponibilidad del sistema, con la finalidad de evitar fallas que acorten el ciclo de vida en los componentes de los equipos y paradas intempestivas del sistema de colección de polvo.
- Se recomienda realizar a la jefatura a cargo las mediciones periódicas trimestrales de caudal correspondientes al sistema de conductos para evaluar el estado y el balance de flujo del sistema de colección.
- Se recomienda al área de control de estándares de calidad, ejecutar un análisis de gases de la expulsión del sistema con la finalidad de obtener un registro del control de emisiones de partículas a la atmosfera y evaluar la operatividad del sistema.
- Verificar los parámetros de funcionamiento del sistema de aire comprimido, ya que la presión de inyección debe encontrarse en el rango de 80 a 100 psi para una correcta operación del sistema de control de polvo.
- Realizar inspecciones periódicas al sistema automatizado de las puertas del edificio de descarga de camiones, puesto que este es fundamental para el control de apertura y cierre, el cual permite mantener la ventilación y presurización negativa del sistema de control de polvo en su operación.

## VI. BIBLIOGRAFÍA

**American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Inc. 1998.** *Industrial Ventilation A Manual of Recommended Practice*. 23rd. Cincinnati: s.n., 1998. págs. 1- 514.

**Bolívar, Amérwil J. 2007.** *Diseño del Sistema Colector de Polvo para el Control Ambiental en los Bunkers de Cabo y Baño en el Área de Envarillado de CVG VENALUM*. Guayana. Facultad de Ingeniería, Universidad Gran Mariscal de Ayacucho. Guayana: s.n., 2007. págs. 1 - 193, Tesis.

**CHARLIE, GALAN ECHE JEAN. 2018.** *Implementación de un sistema de control de polvo en planta de secado y puerto de la Compañía Minera Miski Mayo S.R.L Bayovar*. FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA, Universidad Alas Peruanas. Lima: s.n., 2018. págs. 1 - 201, Tesis.

**DIGESA, Dirección General de Salud Ambiental -. 2005.** Manual de Salud Ocupacional. Lima, Lima, Perú: s.n., 2005. págs. 1 - 102.

**Espinoza Montes, Ciro. 2010.** *Metodología de investigación tecnológica: Pensamiento en sistemas*. Primera. Huancayo: Imagen Gráfica SAC, 2010.

**Galíndez, Mauro Hernán. 2018.** *Calculo y diseño de filtro de Mangas (Tipo Pulse Jet)*. Facultad Regional Villa María, Universidad Tecnológica Nacional. Villa María Cba. - Argentina. Villa María Cba. - Argentina: UTN - FRVM, 2018. págs. 1-201, Tesis.

**Huaraca Huarcaya, Carlos Ramiro y Jurado Sánchez, Edgar Lenin. 2009.** *Reducción de la polución ambiental y recuperación de finos mediante el montaje de un sistema colector de polvos en la sección de chancado secundario y terciario de la planta concentradora Paragsha de Volcan Compañía Minera S. A.* A. FACULTAD DE INGENIERÍA METALÚRGICA Y DE MATERIALES, Universidad Nacional de Centro. Huancayo: s.n., 2009. págs. 1 - 112, Tesis.

**Meza, Margot Elvira Escobar. 2017.** *Nivel de concentración de polvos respirables y su relación con la salud ocupacional de los trabajadores de las compañías mineras Taylor's y Sierra Central en las cuencas del río Huari y río*

*Mantaro-Yauli* 2017. Facultad de Ingeniería, Universidad Continental. Huancayo: s.n., 2017. págs. 1 - 142, Tesis.

**Nivelo Chalco, Juan Pablo y Ugalde Pacheco, Juan Eduardo. 2011.** *Diseño de un sistema de extracción de polvo para la empresa ISOMET (división TELARCTEC, productora de telas poli-algodón): perteneciente al grupo empresarial Gerardo Ortiz Cia. Ltda.* Ingeniería Mecánica, Universidad Politécnica Salesiana. Cuenca - Ecuador: UPS - FI - CIM, 2011. págs. 1 - 143, Tesis.

**Núñez, Uriel. 2002.** Métodos de Separación de Mezclas. [En línea] 11 de Julio de 2002. <https://metodosdeseparaciondemezclas.com/lixiviacion/>.

**Oberteuffer, Jhon A. 1974.** *Magnetic Separation: A review of principles, devices, and applications.* 1974. Vols. Mag 10 - Vol. 2.

**Pachas, Huilca Willy Ernesto. 2020.** *Diseño e implementación del sistema de extracción de monóxido de carbono en un edificio multifamiliar de Lima - 2020.* Facultad de Ingeniería Mecánica y Energía, Universidad Nacional del Callao. Lima: s.n., 2020. págs. 1 - 94, Trabajo de Suficiencia Profesional.

**Pampa Condori, Joél. 2020.** *Desarrollo de un Sistema de Desempolvado para la Línea de Transporte de Cemento.* Facultad de Ingeniería, Universidad Tecnológica del Perú. Lima: s.n., 2020. págs. 1 - 98, Tesis. Pág. 56.

**Poder Ejecutivo. 2008.** Decreto Legislativo con N° 1048: Regulación Minera Ambiental de los Depósitos de Almacenamiento de Concentrados de Minerales. Lima, Lima, Perú: s.n., 25 de junio de 2008.

**Silva y otros. 2021.** *Diseño de un sistema de despolvorización de filtro de mangas para reducir el nivel de concentración de polvo en el área de chancado de una unidad minera - 2019.* Facultad de Ingeniería Mecánica y Energía, Universidad Nacional del Callao. Lima: s.n., 2021. págs. 1 - 182, Tesis.

**The Editors of Encyclopaedia Britannica. 1999.** Britannica.com. [En línea] 26 de Julio de 1999. <https://www.britannica.com/technology/mineral-processing/additional-info#contribut>

# ANEXOS

## Anexo A: Hoja de datos de los equipos principales

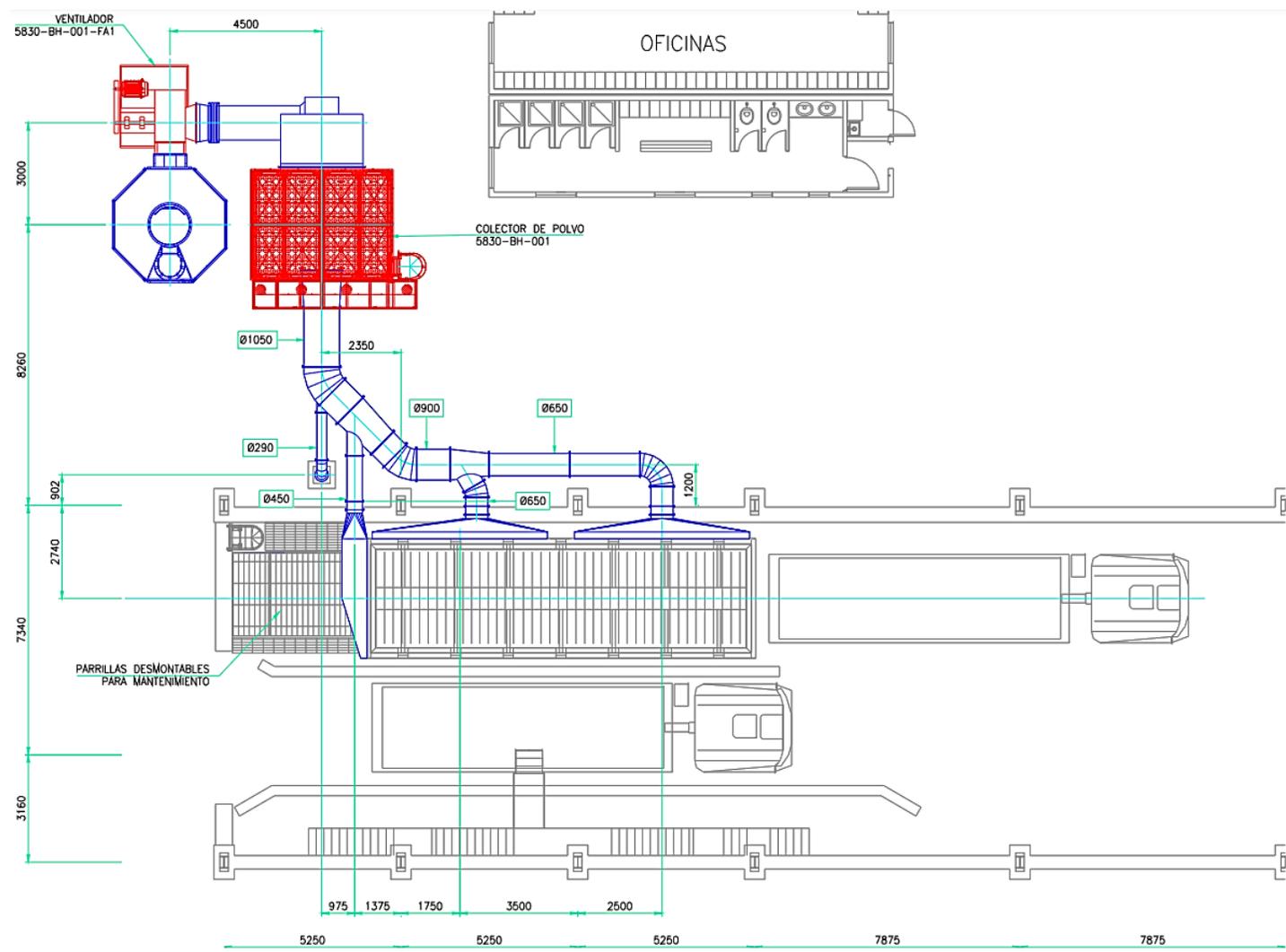
HOJA DE DATOS DE LOS EQUIPOS PRINCIPALES		
<b>1. Identificación</b>	<b>Unidades</b>	<b>Requerimiento de Diseño</b>
Nombre	-	Sistema Colector de Polvo
Cantidad	-	1
Área	-	Edificio de Descarga camiones Concentrado
<b>2. Condiciones de Operación</b>	<b>Unidades</b>	<b>Requerimiento de Diseño</b>
Descripción del Servicio	-	Captación de polvos en la alimentación de Faja 5830M CV-001 y descarga de camiones en la Tolva HO-001
Temperatura Ambiente de Diseño promedio	°C	28
Humedad Relativa de Diseño Promedio	%	88.5
Altitud	m.s.n.m.	40
<b>Operación</b>		
Horas/Diarias	horas	24
Días/Año	días	365
Disponibilidad	-	98
<b>Ambiente</b>		
Ambiente Marino	Si/No	Si
Limpio	Si/No	No
Polvoriento	Si/No	Si
Seco	Si/No	Si
Tipo de Gases	-	Aire con presencia de polvo
<b>3. Equipos</b>	<b>Unidades</b>	<b>Requerimiento de Diseño</b>
<b>3.1. Colector de Polvo</b>		
<b>General</b>		
Tag		5830-BH-001
Aplicación	-	Captación de polvos de concentrado de cobre húmedo
Tipo de Operación	Continua / Intermittente	Continua
Tolvas	un	1
Modelo	-	252FT12
<b>Colector</b>		
Tipo	-	Mangas
Cantidad Mangas	Unidades	252
Eficiencia de filtrado P50, P80, P95	%	99.9% para partículas
Eficiencia de filtrado PM2.5 - PM10	%	99.00%
Flujo de Aire	m3/h	68.510
Área de filtración	m2	431.9
Razón Aire/Tela	[m3/min]/[m2]	2.64
Velocidad de filtración	fpm	25-35 (fpm @ 0.5 "wg)
<b>Pérdida de carga estática total de la unidad</b>		
Limpio	"wg	2.5
Sucio	"wg	5
Cantidad de Mangas	un	252
<b>Tamaño de Mangas</b>		
Largo	ft	12
Diámetro Externo	in	5,875
Tela Manga	-	Filtro de Poliestér, Glaseado

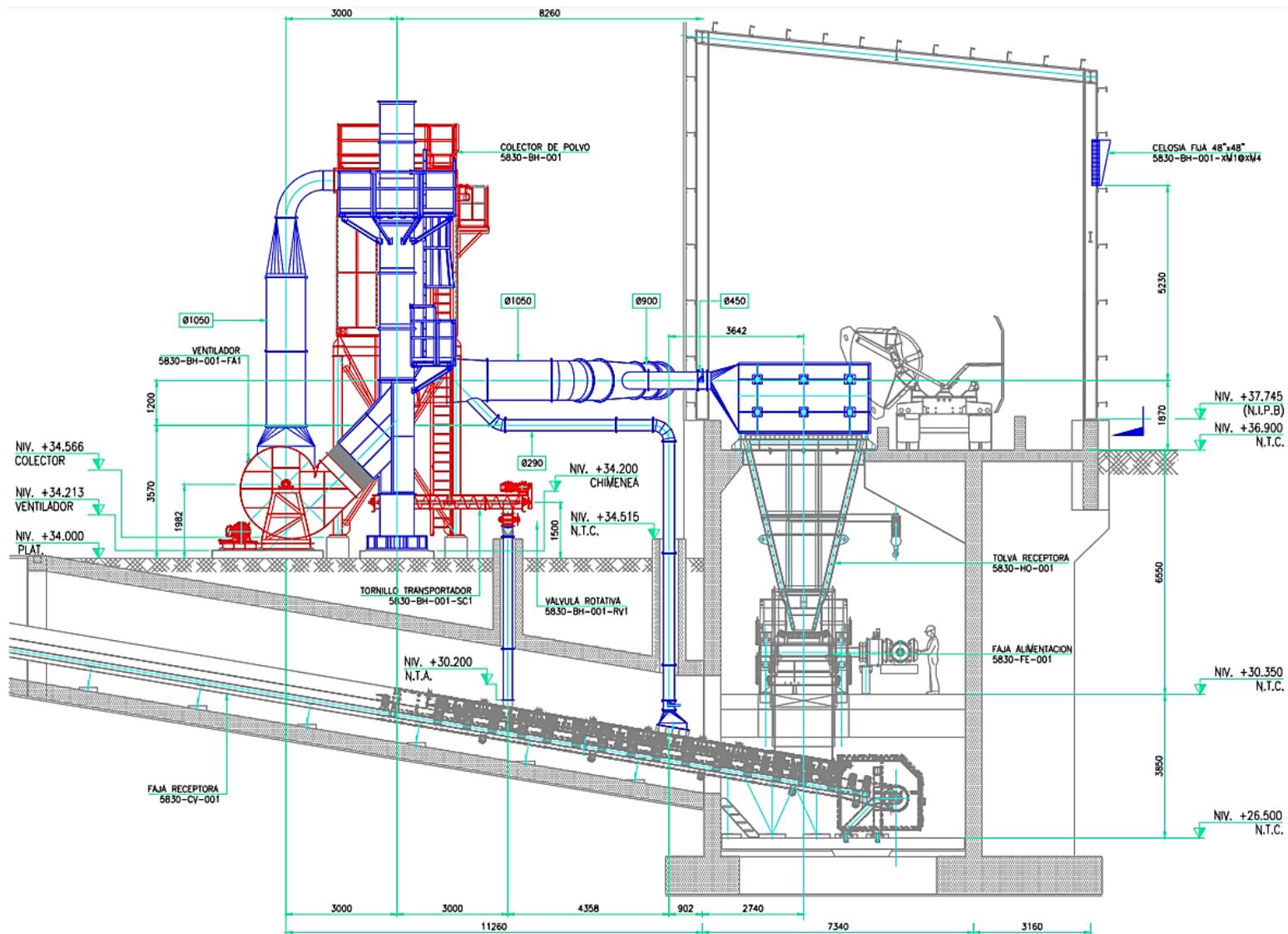
<b>Sistema de Auto-limpiado</b>		
Automático	Si/No	Si
Tipo	-	Pulse Jet
Frecuencia de pulsación	Sec.	216
Duración de pulsación	msec	0.2- 0.4
valvulas limpieza	un	18
<b>Requerimientos de Gas de Limpieza</b>		
Tipo de gases	Aire	comprimido
Flujo	cfm	85.4
Presión	psi	115
Calidad de aire requerido para el sistema de limpieza según ISO 5873-1	(dirt.water.oil)	Calidad 2.2.2 Norma ISO 8573 (VTS)
<b>Revestimiento</b>		
Pintura		Scheme P3-A (Ambiente Marino) Epoxi rico en zinc 65 µm + Epoxi de poliamida con alto contenido de sólidos 200 µm + Poliuretano acrílico alifático 65 µm DFT.
Ral		5017
<b>3.2. Ventilador Centrifugo</b>		
	<b>Unidades</b>	<b>Requerimiento de Diseño</b>
Tag	-	5830-BH-001-FA1
Aire		Extracción
Tipo		Centrifugo
Cantidad		1
Modelo		VRS-1130-III
Tipo de Arranque		Directo
Motor eléctrico		SI
Ubicación		Edificio de descarga camiones concentrado.
Serie		2005-014/2006011
Certificaciones		
Posición de Ventilador		Horizontal
<b>Condición de Servicio</b>		
Ciclo de Trabajo	-	Heavy Duty
Tiempo de operación	hrs/año	8,760
Calidad de aire	-	Limpio
Resistencia a la corrosión	-	Si
Nivel de Ruido (**)	dba	95
Frecuencia de mantenimiento	-	Inspecciones mensuales
Requerimientos Operacionales		
Caudal Diseño (**)	(m3/h)/(cfm)	68,510/ 40,323
Presión estática de diseño	in.wg	10
Potencia de fuerza	HP	100
Rendimiento mínimo de diseño ventilador (**)	%	85
Velocidad de ventilador	rpm	1279
Transmisión		Faja-Polea
<b>Dimensiones de Entrada</b>		
		Si
Diámetro entrada	mm	Ø 1100
Material (**)	-	ASTM A-36
Dimensiones de la brida de succión	mm (Diámetro)	Ø 1100
Espesor de Brida de succión	mm	≥9
Número de perforaciones		26

<b>Dimensiones de salida</b>		Si
Lado mayor	mm	1320
Lado menor	mm	900
Material (**)	-	ASTM A-36
Espesor (**)	mm	6
Dimensiones dela brida de succión	mm	1195X885
Espesor de Brida de succión	mm	9
Número de perforaciones		36
<b>Carcasa</b>		Si
Tipo de carcasa		Voluta
Espesor pared (**)	mm	4.7
Material (**)	-	ASTM A-36
Recubrimiento	-	Sistema de pintura P-3
Impulsor o Rodete		Impulsor
Tipo	-	Alabes curvados inclinados hacia atrás
Material	-	ASTM A-36
Cantidad	un	1
Rotacion		LG-315°
Diámetro Impulsor	mm	Ø 1230
Ancho de impulsor	mm	456
Numero de alabes	Unidades	9
Espesor de alabes	mm	4.7
Recubrimiento	-	Sistema de pintura P-3
<b>Transmisión</b>		
Tipo Transmisión	-	Faja-Polea
<b>Eje de ventilador</b>		
Material	-	SAE 1020
Diametro de eje de ventilador		Ø 3 1/2"
<b>Chumaceras soporte ventilador</b>		
Tipo	-	PARTIDO
Modelo	-	SNL 520-617
Fabricante	-	SKF
Cantidad	Unidades	2
Rodamiento		2220-K
Lubricación	-	GRASA
<b>Polea</b>		
Material	-	ACERO FUNDIDO
Diametro de polea conducida		Ø315
Diametro de polea motriz		Ø224
Numero de canales		5
Tipo de canal		SPC
Distancia entre centros		1826

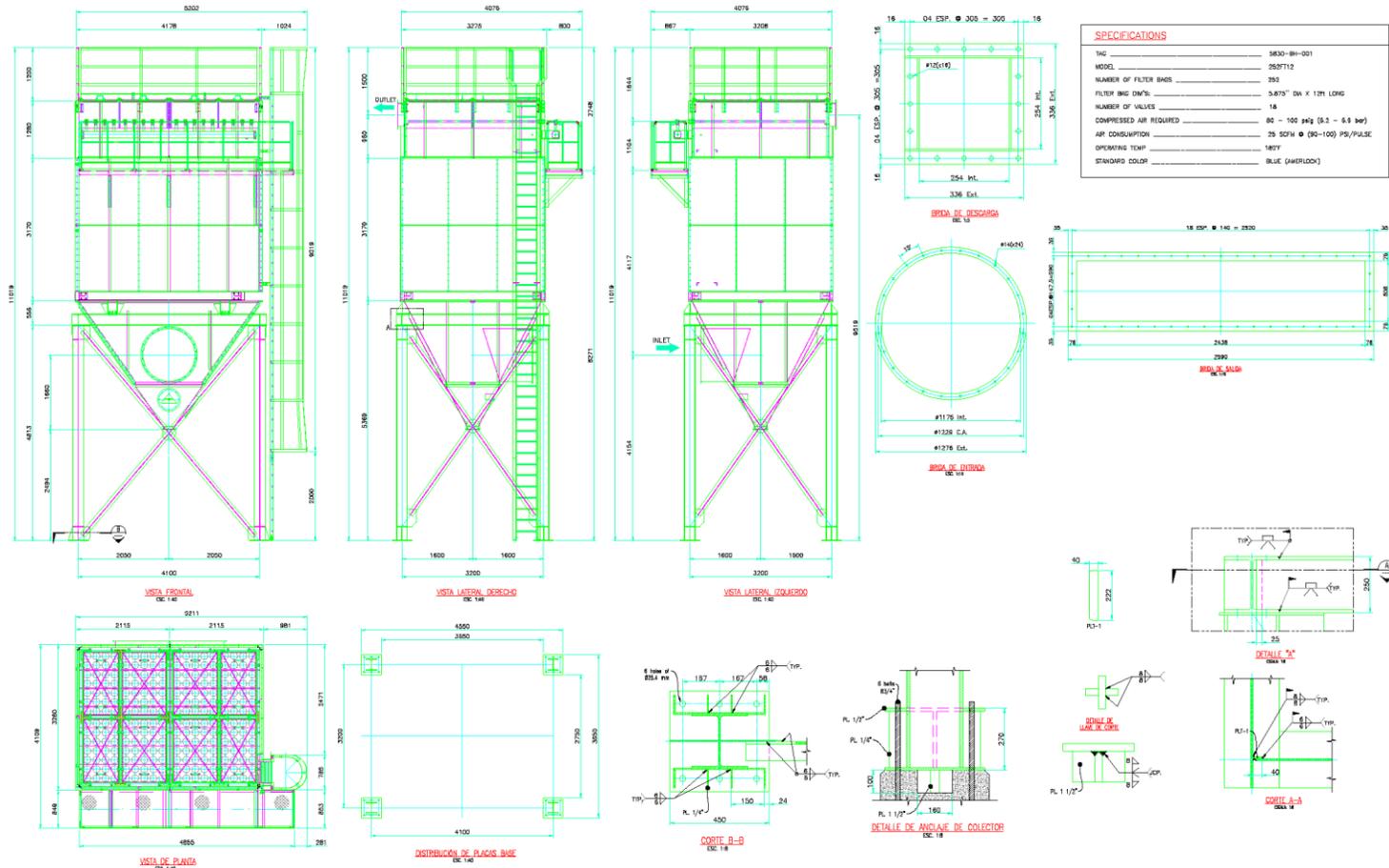
<b>Faja</b>		
Marca		Optibelt
Numero de fajas		5
Tipo de faja		SPC
Longitud de faja		2673
Codigo de faja		SPC 4500 LW
<b>Peso y Dimensiones Ventilador</b>		
Alto	mm	2745
Ancho	mm	3741
Profundidad	mm	2433
Peso de pieza mayor para montaje	kg	1508
Peso total	kg	2646
<b>3.2.1. Motor de Ventilador</b>	<b>Unidades</b>	<b>Requerimiento de Diseño</b>
Fabricante	-	WEG
Eficiencia	-	PREMIUM EFFICIENCY - IEEE841
Potencia	HP	100
Voltaje/frecuencia/fases	V / Hz / fases	460/ 60 / 3
Encerramiento	-	TEFC
Aislamiento	-	F
Factor de servicio	-	1.15
Altura de operación	m.s.n.m.	40
Velocidad	rpm	1775
Metodo de Arranque	-	Directo
Pintura		Scheme P3-A (Ambiente Marino) Epoxi rico en zinc 65 µm + Epoxi de poliamida con alto contenido de sólidos 200 µm + Poliuretano acrílico alifático 65 µm DFT.
Ral		7001
<b>Accesorios</b>		
tacos antivibracion	-	Si aplica
brida de succion	-	Si aplica
brida de descarga	-	Si aplica
Base comun Ventilador + rotor	-	Si aplica
Base y accesorio para instalacion de sensores de temper	-	Si aplica
Modificacion de las chumaceras para la instalacion de se	-	Si aplica

# Anexo B: Arreglo General del Sistema





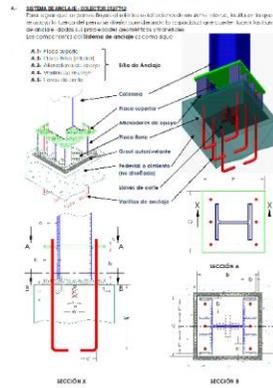
# Anexo C: Plano del Filtro de Mangas Modelo 252FT12



FECHA	DESCRIPCION	PROY. REV.	DES.	SEC.	EST.	FECHA	APROBACION	FIRMA	CONTROL DOCUMENTARIO	NO. DE PLANO	PLANO REFERENCIA	NOTAS
15/10/2021	DISEÑO DEL SISTEMA DE COLECCION DE POLVO - 5830-BH-001	A.M.	F.F.	S.C.	J.A.	R.N.						1. Dimensiones en milímetros (mm)
15/10/2021	REVISIÓN DEL DISEÑO DEL SISTEMA DE COLECCION DE POLVO - 5830-BH-001	A.M.	F.F.	S.C.	J.A.	R.N.						
15/10/2021	REVISIÓN DEL DISEÑO DEL SISTEMA DE COLECCION DE POLVO - 5830-BH-001	A.M.	F.F.	S.C.	J.A.	R.N.						
15/10/2021	REVISIÓN DEL DISEÑO DEL SISTEMA DE COLECCION DE POLVO - 5830-BH-001	A.M.	F.F.	S.C.	J.A.	R.N.						
15/10/2021	REVISIÓN DEL DISEÑO DEL SISTEMA DE COLECCION DE POLVO - 5830-BH-001	A.M.	F.F.	S.C.	J.A.	R.N.						
15/10/2021	REVISIÓN DEL DISEÑO DEL SISTEMA DE COLECCION DE POLVO - 5830-BH-001	A.M.	F.F.	S.C.	J.A.	R.N.						
15/10/2021	REVISIÓN DEL DISEÑO DEL SISTEMA DE COLECCION DE POLVO - 5830-BH-001	A.M.	F.F.	S.C.	J.A.	R.N.						

		AA QUELLAVECO S.A.	
	PROYECTO	15/10/2021	DISEÑO DEL SISTEMA DE COLECCION DE POLVO - 5830-BH-001
	REVISIÓN	15/10/2021	ALMACEN DE CONCENTRADOS
	AREA DE DISEÑO	15/10/2021	EDIFICIO DE DESCARGA DE CAMIONES
	GER. ING.	15/10/2021	PUERTO DE ELO
	GER. AREA	15/10/2021	DIMENSIONES DEL FILTRO DE MANGAS Y ANCLAJES PARA SOPORTE
GER. PROY.	15/10/2021		
CLIENTE			
PROYECTO N°	INDICADAS	FILTRO DE MANGA MODELO 252FT12	REV. 2

# Anexo D: Soportes Estructurales del Colector de Polvo



**4.3. Datos de la placa de las bases de anclaje**

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Material
1	Placa de base	kg	2	A307
2	Bornes	kg	24	A307
3	Arandelas	kg	24	A307
4	Porcas	kg	24	A307
5	Resaca	kg	2	A307
6	Resaca	kg	2	A307
7	Resaca	kg	2	A307
8	Resaca	kg	2	A307
9	Resaca	kg	2	A307
10	Resaca	kg	2	A307
11	Resaca	kg	2	A307
12	Resaca	kg	2	A307
13	Resaca	kg	2	A307
14	Resaca	kg	2	A307
15	Resaca	kg	2	A307
16	Resaca	kg	2	A307
17	Resaca	kg	2	A307
18	Resaca	kg	2	A307
19	Resaca	kg	2	A307
20	Resaca	kg	2	A307
21	Resaca	kg	2	A307
22	Resaca	kg	2	A307
23	Resaca	kg	2	A307
24	Resaca	kg	2	A307

**4.4. Cálculo de área base**

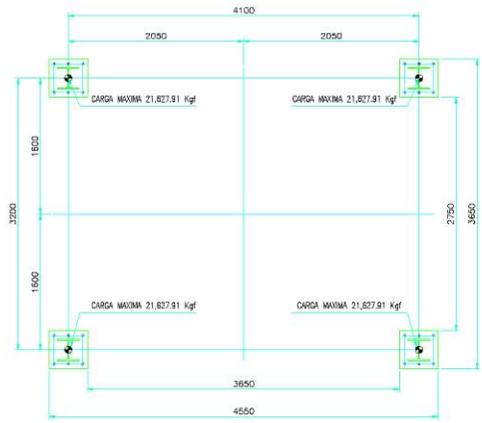
Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Material
1	Placa de base	kg	2	A307
2	Bornes	kg	24	A307
3	Arandelas	kg	24	A307
4	Porcas	kg	24	A307
5	Resaca	kg	2	A307
6	Resaca	kg	2	A307
7	Resaca	kg	2	A307
8	Resaca	kg	2	A307
9	Resaca	kg	2	A307
10	Resaca	kg	2	A307
11	Resaca	kg	2	A307
12	Resaca	kg	2	A307
13	Resaca	kg	2	A307
14	Resaca	kg	2	A307
15	Resaca	kg	2	A307
16	Resaca	kg	2	A307
17	Resaca	kg	2	A307
18	Resaca	kg	2	A307
19	Resaca	kg	2	A307
20	Resaca	kg	2	A307
21	Resaca	kg	2	A307
22	Resaca	kg	2	A307
23	Resaca	kg	2	A307
24	Resaca	kg	2	A307

**4.5. Dimensionamiento**

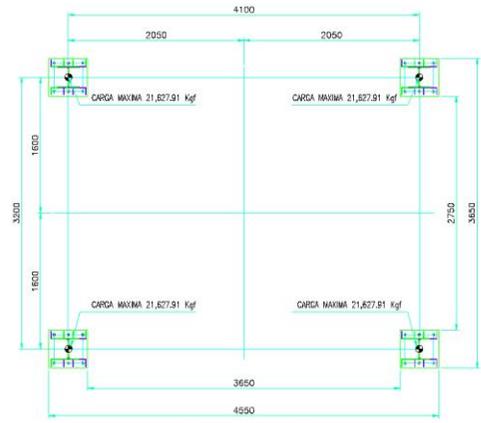
Se aplican los criterios de dimensionamiento de las bases de anclaje de acuerdo a los requisitos de diseño y especificaciones de los fabricantes de los componentes.

**4.6. Especificaciones**

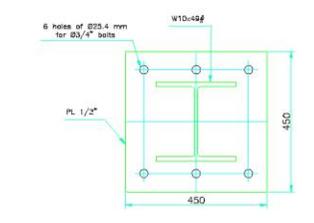
Las especificaciones de los componentes de la base de anclaje deben cumplir con los requisitos de diseño y especificaciones de los fabricantes de los componentes.



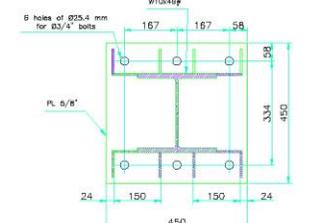
DISTRIBUCIÓN DE PLACAS BASE ESC. 121



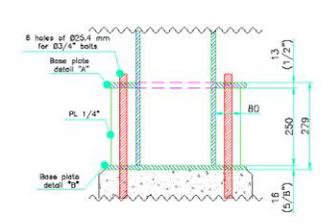
DISTRIBUCIÓN DE PLACAS BASE ESC. 122



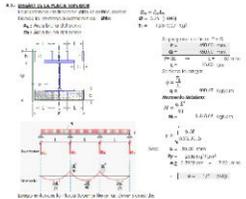
BASE PLATE DETAIL "A" ESC. 126



BASE PLATE DETAIL "B" ESC. 126



ELEVATION DETAIL ESC. 126



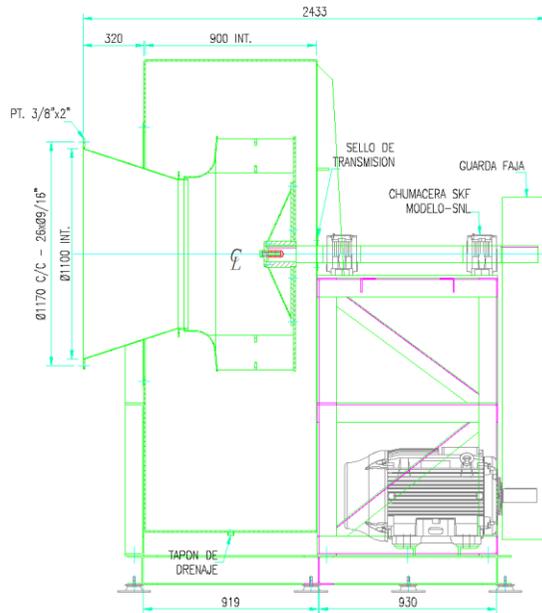
**4.7. Conclusión de diseño de la base de anclaje**

Se concluye que el diseño de la base de anclaje cumple con los requisitos de diseño y especificaciones de los fabricantes de los componentes.

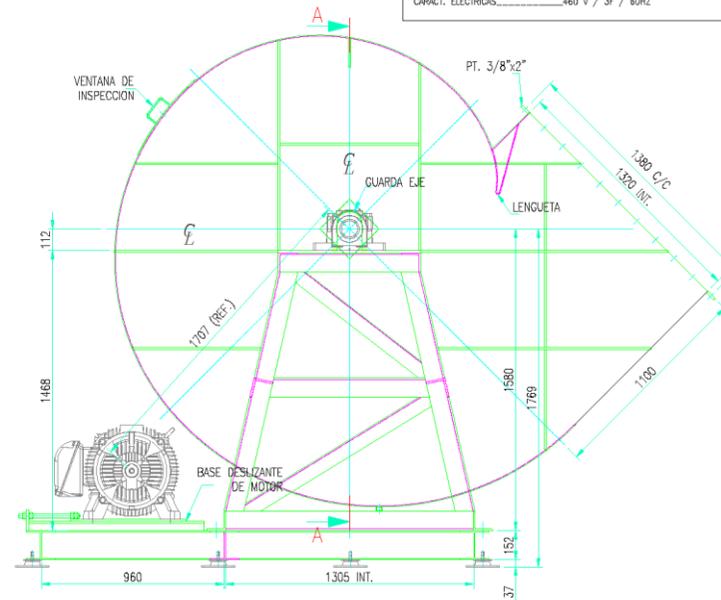
ITEM	DESCRIPCIÓN	PROY. INGEN.	REV.	FECHA	NOTAS
1	REVISIÓN DE DISEÑO	AM	1	01/04/2021	
2	REVISIÓN DE DISEÑO	AM	2	01/04/2021	
3	REVISIÓN DE DISEÑO	AM	3	01/04/2021	
4	REVISIÓN DE DISEÑO	AM	4	01/04/2021	
5	REVISIÓN DE DISEÑO	AM	5	01/04/2021	
6	REVISIÓN DE DISEÑO	AM	6	01/04/2021	
7	REVISIÓN DE DISEÑO	AM	7	01/04/2021	
8	REVISIÓN DE DISEÑO	AM	8	01/04/2021	
9	REVISIÓN DE DISEÑO	AM	9	01/04/2021	
10	REVISIÓN DE DISEÑO	AM	10	01/04/2021	
11	REVISIÓN DE DISEÑO	AM	11	01/04/2021	
12	REVISIÓN DE DISEÑO	AM	12	01/04/2021	
13	REVISIÓN DE DISEÑO	AM	13	01/04/2021	
14	REVISIÓN DE DISEÑO	AM	14	01/04/2021	
15	REVISIÓN DE DISEÑO	AM	15	01/04/2021	
16	REVISIÓN DE DISEÑO	AM	16	01/04/2021	
17	REVISIÓN DE DISEÑO	AM	17	01/04/2021	
18	REVISIÓN DE DISEÑO	AM	18	01/04/2021	
19	REVISIÓN DE DISEÑO	AM	19	01/04/2021	
20	REVISIÓN DE DISEÑO	AM	20	01/04/2021	
21	REVISIÓN DE DISEÑO	AM	21	01/04/2021	
22	REVISIÓN DE DISEÑO	AM	22	01/04/2021	
23	REVISIÓN DE DISEÑO	AM	23	01/04/2021	
24	REVISIÓN DE DISEÑO	AM	24	01/04/2021	

AngloAmerican		AA QUELLAVECO S.A.	
PROYECTO	FECHA	PROYECTO	DISEÑO DEL SISTEMA DE COLECCIÓN DE POLVO - 5030-BH-001
REVISOR	FECHA	AREA	ALMACEN DE CONCRETADOS
APROBADO	FECHA	SUBAREA	EDIFICIO DE DESCARGA DE CAMIONES
CLIENTE	FECHA	DISEÑO	PUERTO DE I/O
CLIENTE	FECHA	CONVENIO	DISTRIBUCIÓN DE PLACAS DE LAS BASES DE COLECTOR
CLIENTE	FECHA	ESCALA	INDICADAS
CLIENTE	FECHA	INDICADAS	SOPORTE ESTRUCTURALES DEL COLECTOR DE POLVO
CLIENTE	FECHA	INDICADAS	REV 2

# Anexo E: Plano del Ventilador Seleccionado



VISTA FRONTAL  
ESC. 1:10



VISTA LATERAL  
ESC. 1:10

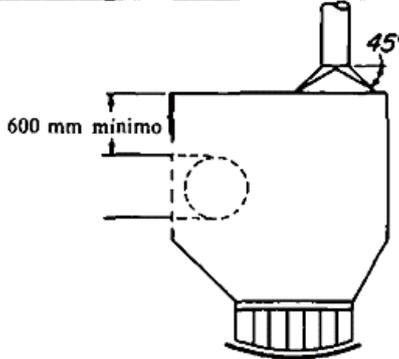
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
TAG	5830-BH-001-FA1
TIPO DE VENTILADOR	CENTRIFUGO
MODELO	VRS-1130-III
FABRICANTE	ARTEC
CAUDAL DE DISEÑO	67,918 m <sup>3</sup> /h
CAUDAL MÁXIMO	68,510 m <sup>3</sup> /h
PRESIÓN ESTÁTICA	10 IN.WG
MOTOR	W22 - IEEE 841 NEMA PREMIUM EFFICIENCY
POTENCIA	100 HP
CARACT. ELÉCTRICAS	440 V / 3F / 60HZ

TAG: 5830-BH-001-FA1

FECHA	DESCRIPCIÓN	PROY. APROB.	REVISOR	FECHA	APROBADOR	PRIMA	CONTROL DOCUMENTARIO	NÚMERO DE PLANO	PLANO REFERENCIA	NOTAS
08/08/2022	DISEÑO PARA REVISIÓN INTERNA	A.M.U.	F.A.B.	08/08/2022						1 - Dimensiones en milímetros (mm)
08/08/2022	DISEÑO PARA REVISIÓN INTERNA GRUPO	A.M.U.	F.A.B.	08/08/2022						
08/08/2022	DISEÑO PARA REVISIÓN CLIENTE	A.M.U.	F.A.B.	08/08/2022						
08/08/2022	DISEÑO PARA INFORMACIÓN	A.M.U.	F.A.B.	08/08/2022						
08/08/2022	DISEÑO PARA INFORMACIÓN	A.M.U.	F.A.B.	08/08/2022						
08/08/2022	SE ACTUALIZAN DIMENSIONES	A.M.U.	F.A.B.	08/08/2022						

AngloAmericana		AA QUELLAVECO S.A.	
PROYECTO	08/02/2022	PROYECTO	DISEÑO DEL SISTEMA DE COLECCIÓN DE POLVO-5830-BH-001
REVISOR	08/02/2022	AREA	ALMACEN DE CONCENTRADOS
JEFE DISEÑO	08/02/2022	SUB AREA	EDIFICIO DE DESCARGA
GER. NO.	08/02/2022	SECTOR	PUERTO DE ILO
GER. AREA	08/02/2022	CONTENIDO	DIMENSIONES DEL VENTILADOR Y ANCLAJES
GER. PROF.	08/02/2022	SECTOR	
CLIENTE		SECTOR	
PROYECTO N°		INDICADAS	VENTILADOR CENTRIFUGO TAG:5830-BH-001-FA1
		REV.	2

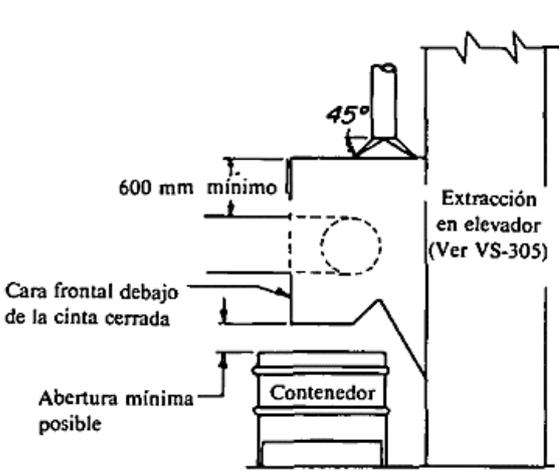
Anexo F: Cálculo de la Extracción en Cinta Transportadora



600 mm mínimo

45°

1. Transferencia entre cintas con menos de 1 m de caída. Poda caídas mayores instalar una extracción adicional en la cinta inferior. Ver n.º 3 abajo.



600 mm mínimo

45°

Extracción en elevador (Ver VS-305)

Cara frontal debajo de la cinta cerrada

Abertura mínima posible

Contenedor

2. Transferencia de cinta a elevador con separador magnético.

**DATOS PARA DISEÑO**

Puntos de transferencia:

Cerramientos para lograr una velocidad de aire entre 0,76 y 1 m/s en todas las aberturas

Caudal mínimo = 0,54 m<sup>3</sup>/s/m de anchura de la cinta para velocidades de cinta inferiores a 1 m/s

= 0,77 m<sup>3</sup>/s/m de anchura de la cinta para velocidades de cinta superiores a 1 m/s y para separadores magnéticos

Velocidad en conducto = 18 m/s mínimo

Pérdida en la entrada = 0,25 PD

Cintas transportadoras:

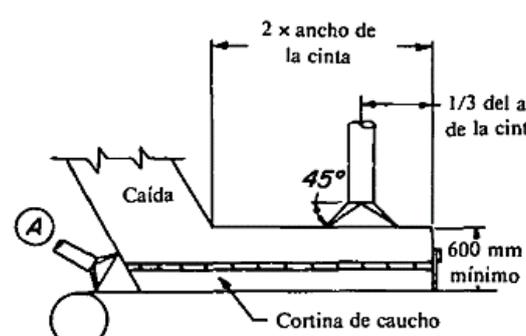
Cubrir la cinta entre los puntos de transferencia

Extracción en los puntos de transferencia

Extracción adicional de 0,54 m<sup>3</sup>/s/m de anchura de cinta con separación de 9 metros. Utilizar piezas de unión de 45°

Pérdida en la entrada = 0,25 PD

Nota: Los materiales secos o muy pulvigenos pueden precisar caudales de extracción entre 1,5 y 2 veces los indicados.



2 x ancho de la cinta

1/3 del ancho de la cinta

45°

600 mm mínimo

Caída

A

Cortina de caucho

3. Transferencia entre transportadores de más de 1 m de caída.

Extracción adicional en A para materiales pulverulentos con los caudales:

Ancho de la cinta de

300 a 900 mm, Q = 0,33 m<sup>3</sup>/s

más de 900 mm, Q = 0,47 m<sup>3</sup>/s



50 mm de separación de la carga de la cinta

Detalle de la abertura de la cinta

**MANUTENCIÓN DE MATERIALES**

**AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS**

---

*EXTRACCIÓN EN CINTA TRANSPORTADORA*

---

FECHA      1-72      |      VS-306

Anexo G: Cálculo de la Extracción en Silos y Tolvas

**CARGA MECÁNICA\***

Velocidad en conducto = 18 m/s mínimo  
 $Q = 1 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}^2$  de superficies abiertas  
 Pérdida en la entrada = 0,25 PD

**CARGA MANUAL**

Velocidad en conducto = 18 m/s  
 $Q = 0,76 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}^2$  de frontal  
 Pérdida en la entrada = 0,25 PD

* VELOCIDAD DE LA CINTA	CAUDAL
menos de 1 m/s	0,54 m <sup>3</sup> /s/m de anchura de la cinta no menos de 0,23 m <sup>3</sup> /s/m de abertura
más de 1 m/s	0,77 m <sup>3</sup> /s/m de anchura de la cinta no menos de 0,31 m <sup>3</sup> /s/m de abertura

**AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS**

**EXTRACCIÓN EN SILOS Y TOLVAS**

MANUTENCIÓN DE MATERIALES

FECHA 1-72 | VS-304

Anexo H: Cálculo de la Extracción en Tamices

**TAMIZ DE MALLA PLANA**

$Q = 1 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}^2$  de aberturas, pero no menos de  $0,25 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}^2$  de superficie del tamiz. No es preciso incrementar para tamices múltiples

Velocidad en conducto = 18 m/s

Pérdida en la entrada = 0,50 PD

**TAMIZ CILÍNDRICO**

$Q = 0,51 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}^2$  de sección circular del tamiz, por lo menos  $2 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}^2$  de aberturas en el cerramiento

Velocidad en conducto = 18 m/s

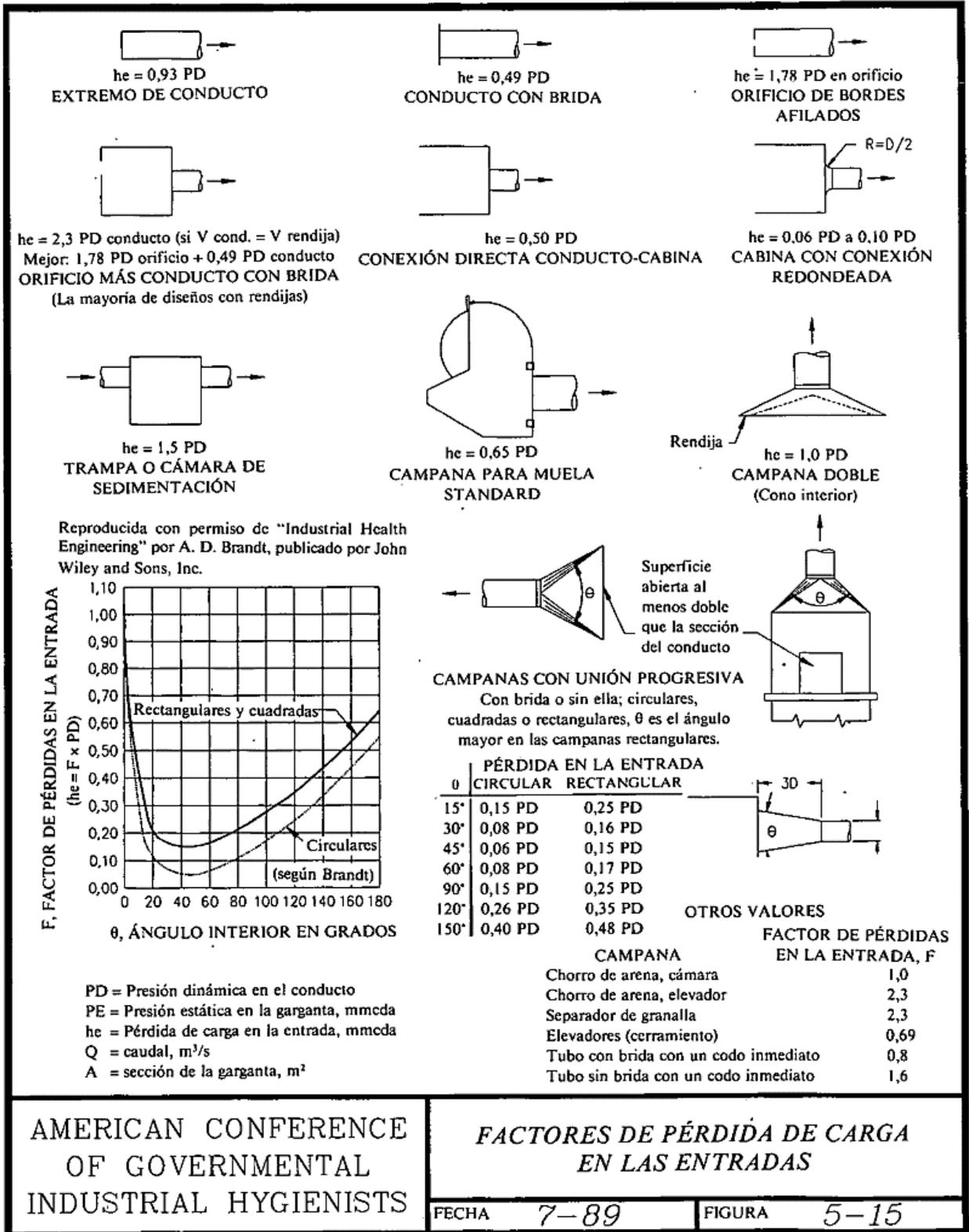
Pérdida en la entrada = 0,50 PD

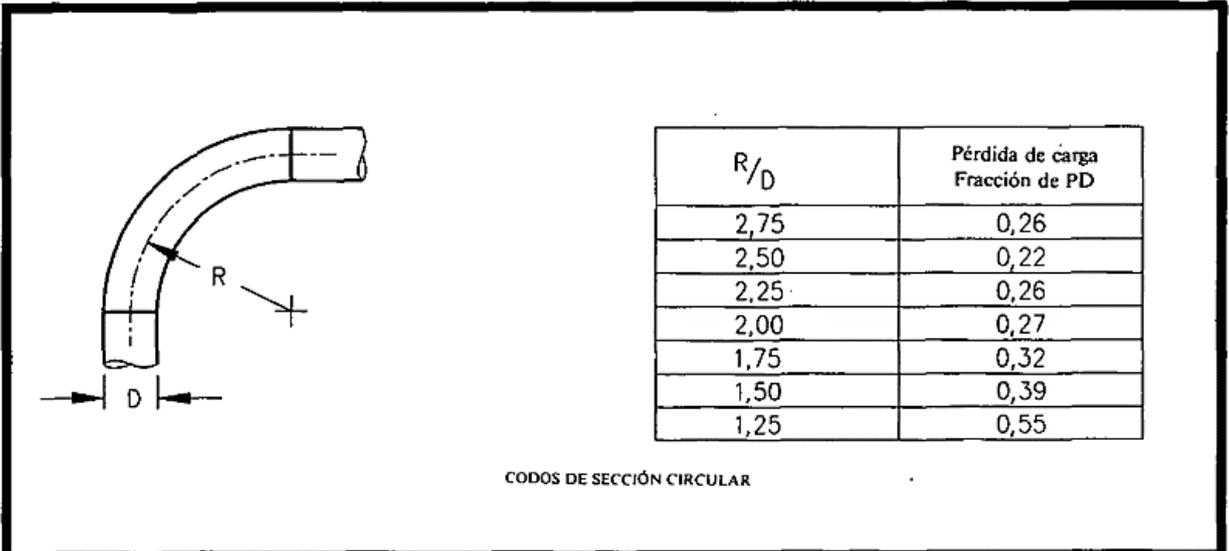
**MANUTENCIÓN DE MATERIALES**

<b>AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS</b>	
<i>TAMICES</i>	
FECHA	<b>1-64</b>   <b>VS-307</b>

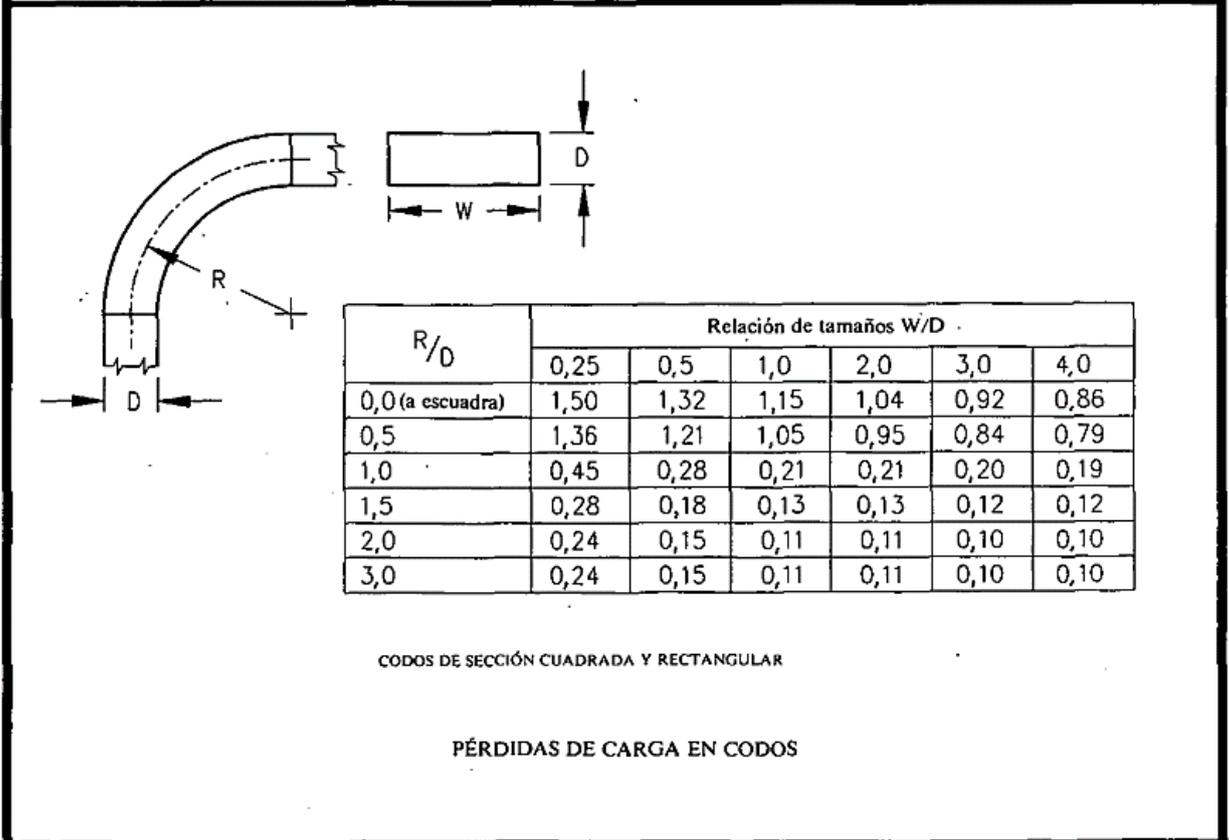
Anexo I: Factores de Pérdida de Carga en Campanas



Anexo J: Diseño y Pérdidas de Carga en Codos de los Conductos



CODOS DE SECCIÓN CIRCULAR



CODOS DE SECCIÓN CUADRADA Y RECTANGULAR

PÉRDIDAS DE CARGA EN CODOS

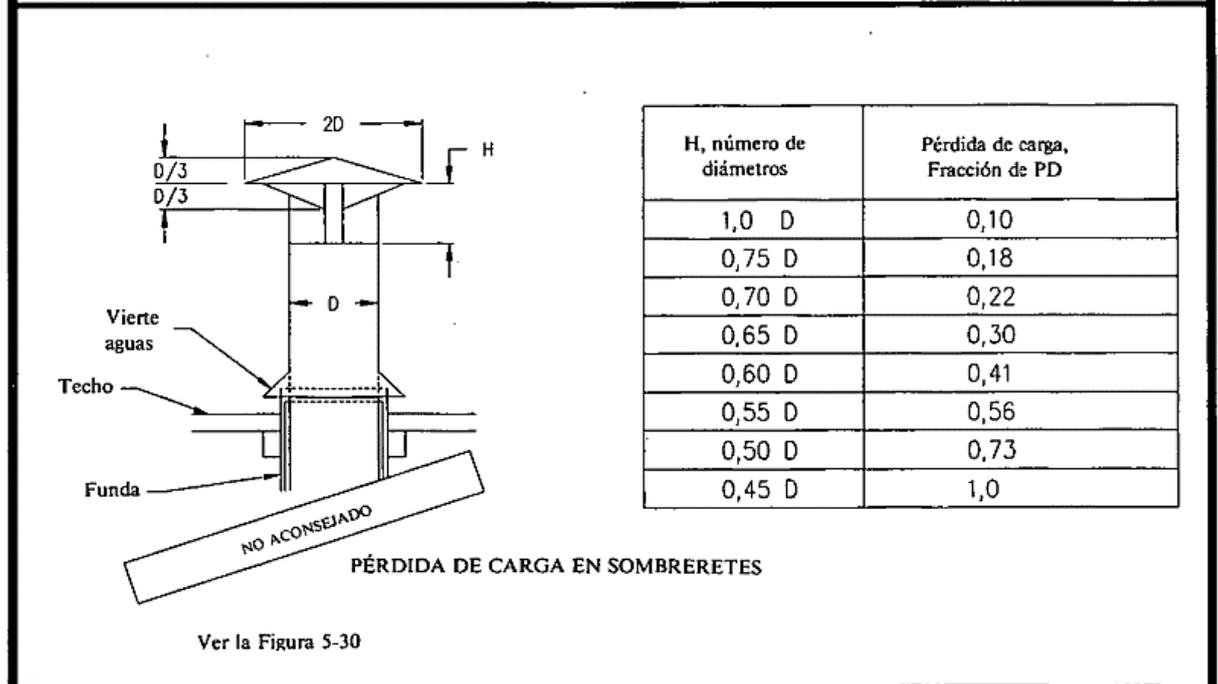
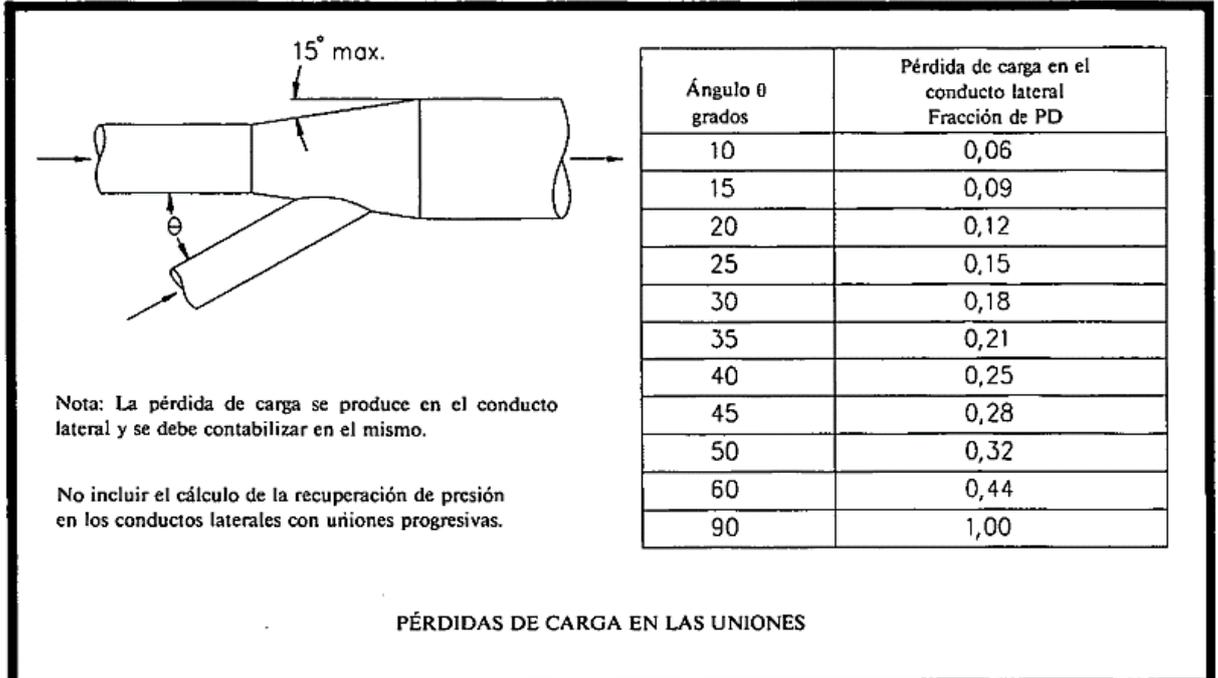
AMERICAN CONFERENCE  
OF GOVERNMENTAL  
INDUSTRIAL HYGIENISTS

DATOS PARA DISEÑO  
DE CONDUCTOS

FECHA 1-88

FIGURA 5-16

Anexo K: Diseño y Pérdidas de Carga en Uniones de Conductos



AMERICAN CONFERENCE  
OF GOVERNMENTAL  
INDUSTRIAL HYGIENISTS

*DATOS PARA DISEÑO  
DE CONDUCTOS*

FECHA *1-88* FIGURA *5-17*

Anexo L: Pérdidas de Fricción en Conductos Longitudinales

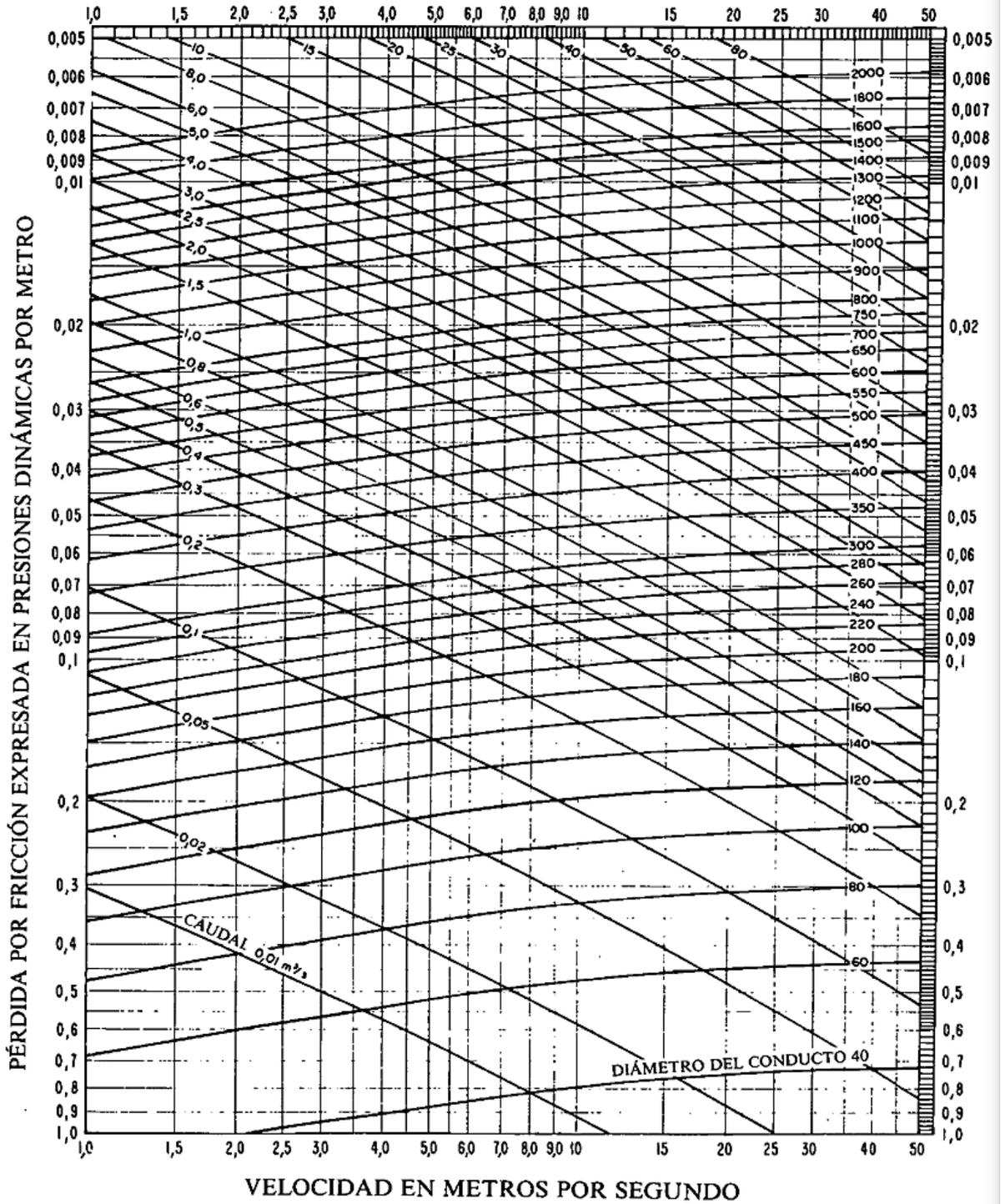


FIGURA 5-18

$$H_f(\text{PD/m}) = 0,0155 \frac{V^{0,533}}{Q^{0,612}} = \frac{27,8}{Q^{0,079} D^{1,066}}$$

$H_f$ : Factor de pérdidas por metro  
 V: Velocidad, m/s  
 Q: Caudal, m<sup>3</sup>/s  
 D: Diámetro, mm

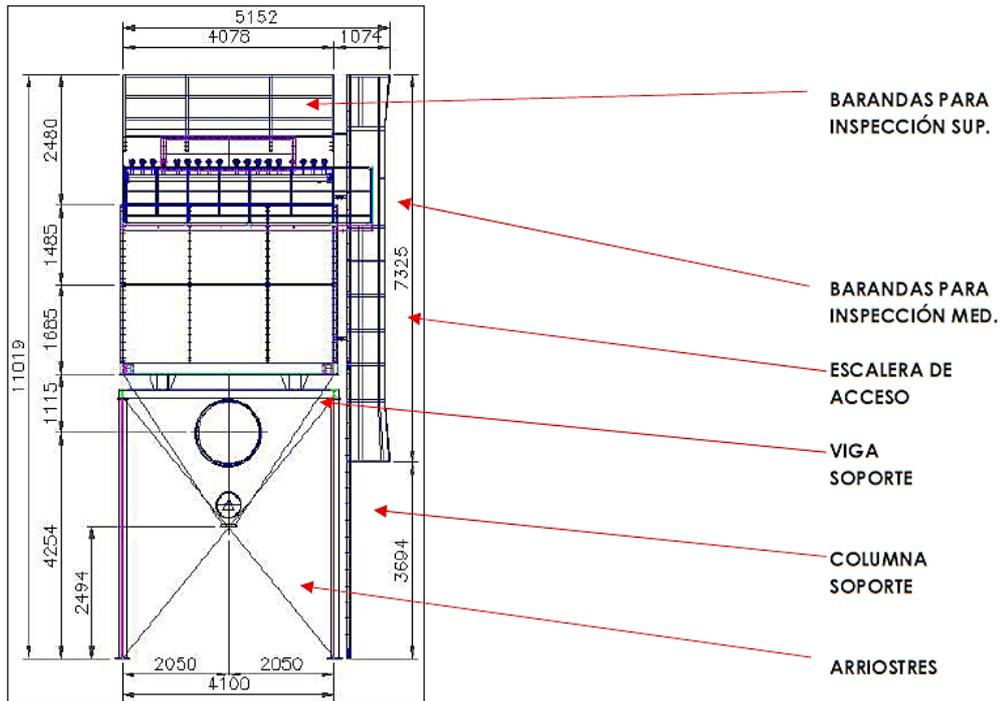
## Anexo M: Diseño Soporte Estructural del Colector de Polvo

### DISEÑO - ESTRUCTURA DE SOPORTE DEL COLECTOR DE POLVOS - COLECTOR 252FT12

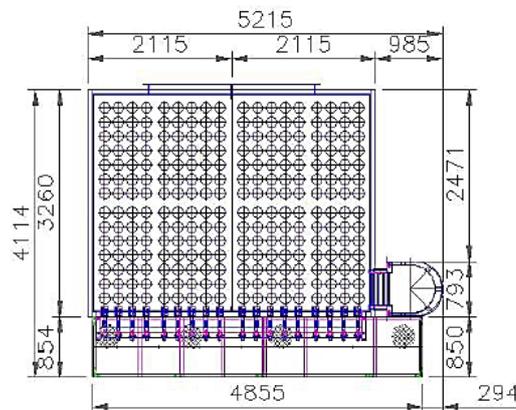
En esta Memoria de cálculo corresponden los siguientes ítems:

- 1.00 METRADO DE CARGAS TOTALES
- 2.00 COMBINACIONES DE CARGA
- 3.00 VERIFICACION DE LOS DESPLAZAMIENTOS EN LA ESTRUCTURA
- 4.00 DISEÑO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES
- 5.00 VERIFICACIÓN DE LOS PRINCIPALES ELEMENTOS ESTRUCTURALES POSIBLES DE FALLA
- 6.00 RESUMEN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES
- 7.00 CONCLUSIONES

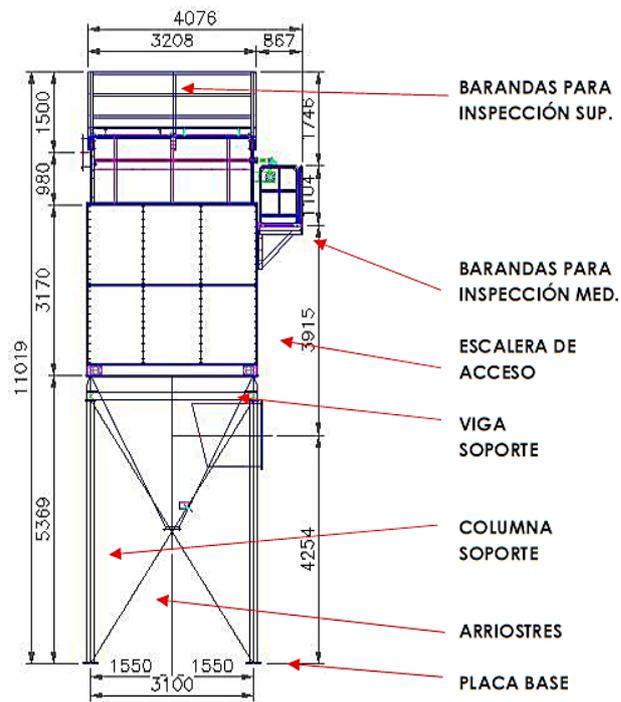
#### 1.00 METRADO DE CARGAS TOTALES



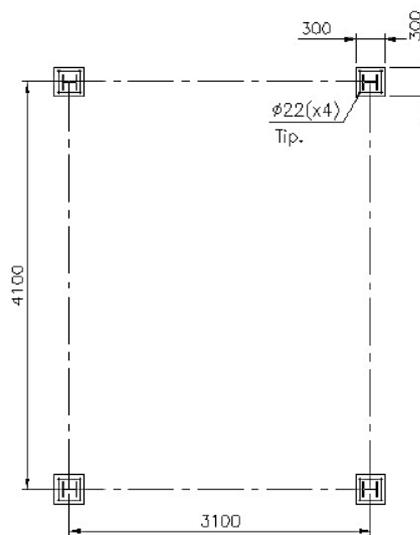
COLECTOR DE POLVO - VISTA FRONTAL



COLECTOR DE POLVO  
VISTA SUPERIOR



COLECTOR DE POLVO - VISTA LATERAL



COLECTOR DE POLVO - DISPOSICIÓN DE SOPORTES

VS : Viga Soporte  
 CS : Columna Soporte  
 AR : Arriostre

PB : Plancha Base  
 PA : Pernos de Anclaje

**PREDIMENSIONAMIENTO DE LA ESTRUCTURA**

Se tiene el siguiente predimensionamiento:

VS : W10"X49#  
 CS : W10"X49#  
 AR : WT4"X9#  
 PB : 450mmX450mmX5/8"

1.01 CARGAS MUERTAS

A) PESO DE LOS ELEMENTOS MODELADOS

a.- Viga Soporte

- 1.- Elemento a considerar:
- 2.- Carga Lineal a considerar
- 3.- Long. Total de los elementos
- 4.- Peso Total de los elementos

<b>(VS)</b>			
W	10"	X	49#
=	49.00 Lb/pie	=	73.07 Kgf/m
=	14.4 m		
=	1,052.25 Kg-f		

b.- Columna Soporte

- 1.- Elemento a considerar:
- 2.- Carga Lineal a considerar
- 3.- Long. Total de los elementos
- 4.- Peso Total de los elementos

<b>(CS)</b>			
W	10"	X	49#
=	22.50 Lb/pie	=	33.55 Kgf/m
=	19.6 m		
=	657.66 Kg-f		

c.- Arriostre

- 1.- Elemento a considerar:
- 2.- Carga Lineal a considerar
- 3.- Long. Total de los elementos
- 4.- Peso Total de los elementos

<b>(AR)</b>			
WT	4"	X	9#
=	9.00 Lb/pie	=	13.42 Kgf/m
=	49.2 m		
=	660.34 Kg-f		

i.- Placa Base

- 1.- Elemento a considerar:
- 2.- Carga Lineal a considerar
- 3.- Cant. Total de los elementos
- 4.- Peso Total de los elementos

<b>(PB)</b>			
PL	45	x	45 x 0.6"
=	16.92 Lbf	=	25.24 Kgf
=	4		
=	100.94 Kg-f		

Factor de Amplif. = 1.4  
PTEM = 3,459.68 Kg-f

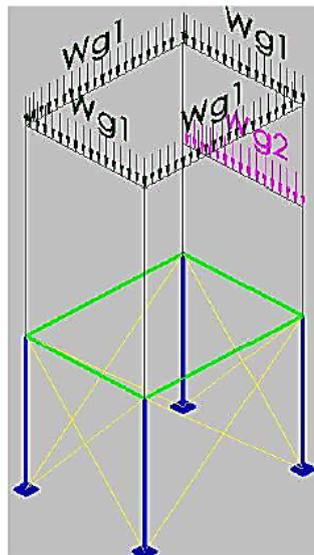
B) PESO DE LOS ELEMENTOS NO MODELADOS

a) Peso del Grating (Tipo: 1 1/4" x 3/16")

Se considera el tipo GR-07

A = 12.71 m <sup>2</sup>	B = 3.69 m <sup>2</sup>	
At = 16.4 m <sup>2</sup>	R = 47.00 Kgf/m <sup>2</sup>	Pg = 770.80 Kg-f

Peso por m <sup>2</sup>	=	47.00	Kg-f/m <sup>2</sup>
Area A	=	12.71	m <sup>2</sup>
Area Superior	=	3.69	m <sup>2</sup>
Area Media	=	1.23	m <sup>2</sup>
Carga Lineal Superior	=	23.12	Kg-f/m (Wg1)
Carga Lineal Media	=	7.71	Kg-f/m (Wg2)



CARGAS DEBIDO AL GRATING

**b) Peso de las cartelas y pernos de sujeción**

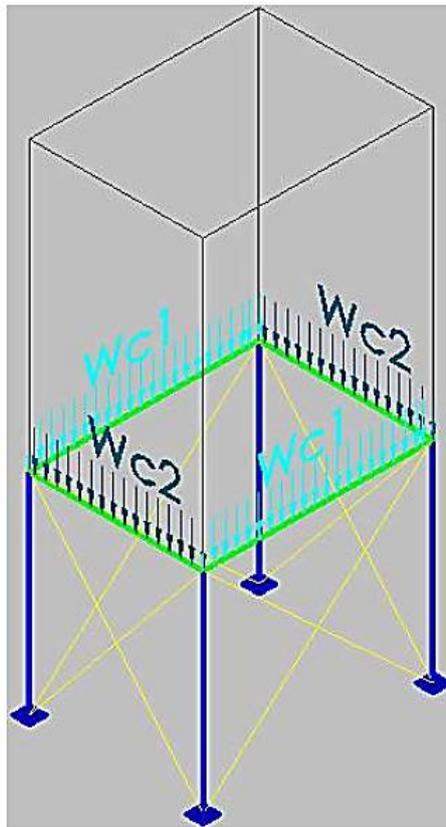
Peso de los elementos modelados = 3,459.68 Kgf  
 Porcentaje participativo = 10.00%  
 Peso de los elementos modelados = **345.97 Kgf**

Sea la siguiente relación:

$$\frac{4.10 \text{ K m}}{3.10 \text{ K m}} = \frac{345.97 \text{ Kgf}}{48.05 \text{ Kgf}}$$

$$\frac{7.20 \text{ K}}{\text{K}} = \frac{48.05 \text{ Kgf/m (Wc1)}}{63.55 \text{ Kgf/m (Wc2)}}$$

Carga Lineal Lado 4.1 = 48.05 Kgf/m (Wc1)  
 Carga Lineal Lado 3.1 = 63.55 Kgf/m (Wc2)



**CARGAS DEBIDO A CARTELAS Y PERNOS DE SUJECIÓN**

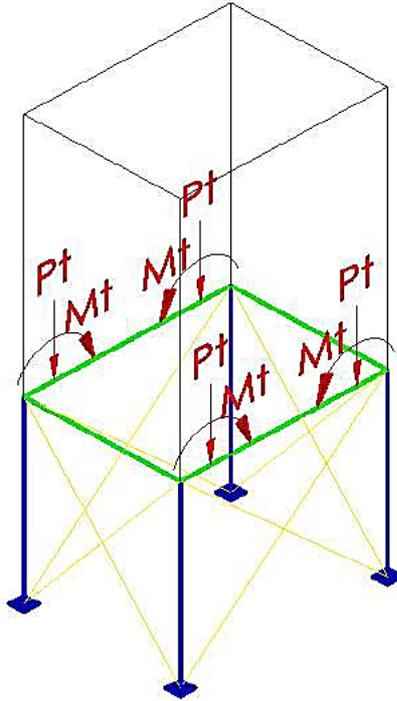
**c) Peso del Tanque de Colector de Polvos**

De acuerdo a la información proporcionada por el cliente

ÁREA	COLECTOR (TAG)	MODELO	W. APROX. S/CARGA	DENS.	CANT.	VOL.	%	W. APROX. C/CARGA
150	5830-BH-001	252FT12	9,298.00	2200	1	15.32	100	43,002.00

\* **Wtanque + contenido** = 43,002.00 Kgf  
 \* Factor de Amplificación = 1.25  
 \* **Wtanque + contenido (amp)** = 53,752.50 Kgf  
 \* Número de puntos donde se soporta el Tanque Colector dúo = 4  
 \* Carga por soporte = 13,438.13 Kgf (Pt)  
 \* Momento por soporte = 19,485.28 Kgf.m (Mt)

**PESO CARGA = 33,704.00**



**CARGAS DEBIDO A CARTELAS Y PERNOS DE SUJECIÓN**

d) Peso total de los elementos no modelados

$$PTENM = 47,232.48 \text{ Kgf}$$

**1.02 CARGAS VIVAS ACTUANTES**

a) Peso sobre el Grating

$$A = 12.71 \text{ m}^2$$

$$At = 16.4 \text{ m}^2$$

$$B = 3.69 \text{ m}^2$$

$$R = 250.00 \text{ Kgf/m}^2$$

$$Pg = 4,100.00 \text{ Kgf}$$

Peso por m2	=	250.00 Kgf/m2
Area A	=	12.71 m2
Area Superior	=	3.69 m2
Area Media	=	1.23 m2
Carga Lineal Superior	=	123.00 Kgf/m
Carga Lineal Media	=	41.00 Kgf/m

$$\text{PESO TOTAL DE LA CARGA VIVA (PTCV)} = 4,100.00 \text{ Kgf}$$

**1.03 CARGAS DE VIENTO ACTUANTES**

CONDICIONES GENERALES DE OPERACIÓN	
	METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ (SENAMHI), PARA EL PUERTO DE ILO, PERÚ.
<b>VIENTO</b>	
VELOCIDAD MÍNIMA DE DISEÑO	100 Km/h

$$V = 100 \text{ Km/h}$$

La presión debida cargas de viento está definida de acuerdo a la Norma UBC97:

$$P = C_e \cdot q_s \cdot I_W \cdot C_q$$

Donde:

$C_e$  : Altura combinada. Coeficiente de exposiciones y de factor de ráfaga como se indica en la tabla 16-G

<b>Exposicion B:</b>	Tiene suelo con edificaciones, bosques o irregularidades superficiales q cubre por lo menos el 20 % del area del nivel del suelo, extendiendose 1.61 km (1milla) o mas de su lugar	
<b>Exposicion C:</b>	Tiene un suelo que es plano y generalmente abierto, extendiendose 0.81 km (1/2 milla) o mas desde el lugar en cualquier cuadrante completo	
<b>Exposicion D:</b>	Exposicion mas critica en area con velocidades de 129 km/h (80mph) o mayores y tienen un terreno plano y sin obstrucciones frente a grandes cuerpos de agua de mas de 1.61 km (1 milla) o mayores de ancho relativo a cualquier cuadrante del lugar de la edificacion.	

Tabla 16-G

Altura sobre el nivel promedio del Terreno		Exposicion B	Exposicion C	Exposicion D
15.00 ft	4.57 m	0.62	1.06	1.39
18.04 ft	5.50 m	0.65	1.10	1.43
20.00 ft	6.10 m	0.67	1.13	1.45
22.97 ft	7.00 m	0.70	1.17	1.48
25.00 ft	7.62 m	0.72	1.19	1.50
26.25 ft	8.00 m	0.73	1.20	1.51
30.00 ft	10.15 m	0.76	1.23	1.54
36.09 ft	11.00 m	0.79	1.26	1.57
40.00 ft	12.19 m	0.84	1.31	1.62
42.65 ft	13.00 m	0.85	1.33	1.63
60.00 ft	18.29 m	0.95	1.43	1.73
65.62 ft	20.00 m	0.98	1.46	1.75
80.00 ft	24.38 m	1.04	1.53	1.81
82.02 ft	25.00 m	1.05	1.54	1.82
100.00 ft	30.48 m	1.13	1.61	1.88
108.27 ft	33.00 m	1.16	1.63	1.90
120.00 ft	36.58 m	1.20	1.67	1.93
131.23 ft	40.00 m	1.23	1.70	1.96
160.00 ft	48.77 m	1.31	1.79	2.02
164.04 ft	50.00 m	1.32	1.80	2.03
200.00 ft	60.96 m	1.42	1.87	2.10
262.47 ft	80.00 m	1.55	1.98	2.18
300.00 ft	91.44 m	1.63	2.05	2.23

$q_s$  : Presión de remanso del viento a la altura estándar de 10m (3.3') como se establece en la tabla 16-F

Tabla 16-F

Velocidad básica del viento		Presion $q_s$		
40.00 Km/h	25 mph	1.59 Psi	0.08 KN/m2	7.74 Kg/m2
45.00 Km/h	28 mph	2.08 Psi	0.10 KN/m2	10.16 Kg/m2
60.00 Km/h	37 mph	3.57 Psi	0.17 KN/m2	17.41 Kg/m2
70.00 Km/h	43 mph	4.95 Psi	0.24 KN/m2	24.19 Kg/m2
80.00 Km/h	50 mph	6.34 Psi	0.30 KN/m2	30.96 Kg/m2
90.00 Km/h	56 mph	8.12 Psi	0.39 KN/m2	39.66 Kg/m2
100.00 Km/h	62 mph	9.91 Psi	0.47 KN/m2	48.37 Kg/m2
110.00 Km/h	68 mph	12.04 Psi	0.58 KN/m2	58.76 Kg/m2
112.65 Km/h	70 mph	12.80 Psi	0.60 KN/m2	61.52 Kg/m2
125.00 Km/h	78 mph	15.52 Psi	0.74 KN/m2	75.76 Kg/m2
128.75 Km/h	80 mph	16.40 Psi	0.79 KN/m2	80.08 Kg/m2
130.00 Km/h	81 mph	16.74 Psi	0.80 KN/m2	81.75 Kg/m2
144.84 Km/h	90 mph	20.80 Psi	1.00 KN/m2	101.56 Kg/m2
150.00 Km/h	93 mph	22.34 Psi	1.07 KN/m2	109.08 Kg/m2
160.93 Km/h	100 mph	25.60 Psi	1.23 KN/m2	125.00 Kg/m2
165.00 Km/h	103 mph	26.96 Psi	1.29 KN/m2	131.66 Kg/m2
177.03 Km/h	110 mph	31.00 Psi	1.48 KN/m2	151.37 Kg/m2
180.00 Km/h	112 mph	32.09 Psi	1.54 KN/m2	156.69 Kg/m2
193.12 Km/h	120 mph	36.90 Psi	1.77 KN/m2	180.17 Kg/m2
200.00 Km/h	124 mph	39.84 Psi	1.90 KN/m2	193.53 Kg/m2
209.21 Km/h	130 mph	43.30 Psi	2.07 KN/m2	211.42 Kg/m2

$I_w$  : Factor de Importancia como se establece en la tabla 16-K

Tabla 16-k

Categoría	Tipo de uso, destino e importancia	Factor I
Edificaciones Esenciales y/o peligrosas	Hospitales, clínicas, centros de salud o de emergencia sanitaria. Instalaciones militares, de policía, bomberos, defensa civil. Garajes o estacionamientos para vehículos y aviones que atienden emergencias. Torres de control aéreo. Estructuras de centros de telecomunicaciones u otros centros de atención de emergencias. Estructuras que albergan equipos de generación y distribución eléctrica. Tanques u otras estructuras utilizadas para depósito de agua u otras sustancias anti-incendio. Estructuras que albergan depósitos tóxicos, explosivos, químicos u otras sustancias peligrosas.	1.15
Estructuras de ocupación especial	Museos, iglesias, escuelas y centros de educación o deportivos que albergan más de trescientas personas. Todas las estructuras que albergan más de cinco mil personas. Edificios públicos que requieren operar continuamente.	1.15
Otras estructuras	Todas las estructuras de edificación u otras que no clasifican dentro de las categorías anteriores.	1.00
Misceláneos	Especiales excepto torres	1.00

Cq : Coeficiente de presión para la estructura o la parte de la misma bajo consideraciones como se muestra en la tabla 16-H

Tabla 16-H 1.-Estructuras de sistemas prismáticos	
Metodo 1 (Metodo de la Fuerza Normal) Diseño para estructuras rígidas a 2 aguas	
Metodo 2 (Metodo del Area Proyectada) Estructuras y sistemas Primarios	
<b>2.-Elementos y componentes que no estan en areas de disminucion</b>	Estructuras encerradas, parcialmente encerradas, no encerradas y parapetos
<b>3.-Elementos y componentes en areas de discontinuidad</b>	Elementos techos encerradas, parcialmente encerradas, no encerradas y parapetos
<b>4.-Chimeneas, Tanques y torres solidas</b>	Aleros de techos, cornisas inclinadas o cumbrieros y laldos
<b>5.-Torres de estructuras abiertas</b>	Cuadrados, rectangulares, hexagonales, octogonales y redondos
<b>6.-Accesorios de torres</b>	Escaleras, conductos, lamparas y ascensores
<b>7.-Señalización areas de banderas, postes de luz estructuras menores</b>	

Teniendo en cuenta las consideraciones de la tabla, se tiene:

$$\begin{aligned}
 h &= 11.019 \text{ m} &= 36.15 \text{ pie} & \text{Factor de exposición: } C & & \\
 C_e &= 1.26 & & & & \text{(UBC 97)} \\
 q_s &= 9.91 \text{ Psi} &= 0.47 \text{ KN/m}^2 & = 48.37 \text{ Kgf/m}^2 & & \text{(UBC 97)} \\
 I_w &= 1.00 & & & & \text{(UBC 97)} \\
 C_q &= 1.00 & & & & \text{(UBC 97)}
 \end{aligned}$$

$$\rightarrow P = 60.9462 \text{ Kgf/m}^2$$

Se tiene el área proyectada de la superficie del tanque donde actúa la fuerza:

En la dirección X-X

$$\begin{aligned}
 a_t &= 1.630 \text{ m} & \text{Fuerza en la arista:} & & & \\
 \rightarrow W_x &= 99.34 \text{ Kgf/m} & W'_x &= 99.34 \text{ Kgf/m} & \text{(externo)} & \\
 & & W'_x &= 99.34 \text{ Kgf/m} & \text{(externo)} &
 \end{aligned}$$

En la dirección Y-Y

$$\alpha_f = 1.550 \text{ m}$$
$$\rightarrow W_y = 94.47 \text{ Kgf/m}$$

Fuerza en la arista:

$$W'_x = 94.47 \text{ Kgf/m} \text{ (externo)}$$
$$W''_x = 94.47 \text{ Kgf/m} \text{ (externo)}$$

#### 1.04 CARGAS DE SISMO ACTUANTES

##### a) Cálculo de la Masa Total del Pórtico:

La masa total de la estructura está determinada según las siguientes expresiones:

Donde:  $P_{TE} = P_{TEM} + P_{TENM}$   $P_{TE} = 50,692.16 \text{ Kg-f}$

$$\Omega = \frac{P_{TE}}{9.81}$$
$$\Omega = 5,167.40 \text{ Kg-s}^2/\text{m}$$

##### b) Cálculo de parámetros sísmicos:

###### PERIODO DE LA ESTRUCTURA

Se determinará aplicando una carga lateral al pórtico con el fin de hallar su rigidez lateral, de manera de hallar el periodo fundamental de la estructura

Aplicando una fuerza lateral:  $F = 3000 \text{ Kg-f}$  se obtiene un desplazamiento lateral

###### EJE X-X

$$D_x = 0.01350 \text{ m}$$

La rigidez lateral será:

$$K_x = 222,222.22 \text{ Kgf/m}$$

El periodo de la estructura en esta dirección será:

$$T_x = 0.96 \text{ s}$$

###### EJE Y-Y

$$D_y = 0.05120 \text{ m}$$

La rigidez lateral será:

$$K_y = 58,593.75 \text{ Kgf/m}$$

El periodo de la estructura en esta dirección será:

$$T_y = 1.87 \text{ s}$$

Se procederá realizar el cálculo del cortante base conforme a la Norma UBC 97

El código UBC 97 en la sección 1630.2.1 requiere que el refuerzo de corte basal total de diseño en una dirección determinada debe determinarse en base a la siguiente fórmula:

$$V = \frac{C_v \cdot I}{RT} \cdot W \quad (\text{CASO 1})$$

El esfuerzo de corte de corte basal total de diseño no debe exceder lo siguiente:

$$V = \frac{2.5C_a \cdot I}{R} \cdot W \quad (\text{CASO 2})$$

El esfuerzo de corte basal total de diseño no debe ser menor de los siguiente:

$$V = 0.11C_a \cdot I \cdot W \quad (\text{CASO 3})$$

Además para la zona sísmica 4, el esfuerzo de corte basal total también debe no ser menor de los siguiente:

$$V = \frac{0.8Z \cdot N_v \cdot I}{R} \cdot W \quad (\text{CASO 4})$$

Donde:

$C_v$  : Coeficiente sísmico, como se establece en la tabla 16-R del UBC

$I$  : Factor de importancia que proporciona la tabla 16-K del UBC

$R$  : Coeficiente numérico representativo de la sobre resistencia inherente y capacidad de ductilidad global de los sistemas resistentes a fuerzas laterales como se establecen en las tablas 16-N o 16-P

- T** : Período de vibración elástico fundamental, en segundos, de la estructura en la dirección bajo consideración
- Ca** : Coeficiente sísmico, como se establece en la tabla 16-K del UBC
- Z** : Factor de zona sísmica que proporciona la tabla 16-I del UBC
- Nv** : Factor de cercanía a la fuente, utilizado en la determinación de Cv en la zona sísmica 4 relativo a la proximidad de la edificación o estructura a fallas conocidas con magnitudes y tasa de deslizamiento como se establece en las tablas 16-T y 16-U del UBC
- Na** : Factor de cercanía a la fuente de origen utilizado al determinar Ca en la zona sísmica 4 relativo a la proximidad de la edificación o estructura a fallas conocidas con magnitudes y relaciones de deslizamiento como se establecen en las tablas 16-S y 16-U del UBC

**Tabla 16 -I (Factor de Zona) - UBC 97**

ZONE	1	2A	2B	3	4
Z	0.075	0.15	0.2	0.3	0.4

Comparativa:

**Table Nº 3: Seismic Zone Factor, Z**  
(UBC-97 Table 16-I Modified for the Q1CO - Quellaveco Project)

	Zone 3	Zone 4
Z	0,35	0,45

Según 3.4.2 del documento:  
MQ13-600-DC-5800-SS1200\_1  
Z = 0.45

**Tabla 16 -J (Factor de perfiles de suelo) - UBC 97**

TIPO PERF. DE SUELOS	NOMBRE DEL PERF. DE SUELOS / DESCRIPCIÓN GENÉRICA	VELOCIDAD DE ONDA DE CORTANTE, Vs pie/s (m/s)	ENSAYO ESTÁND. PENET. no cohes.	RESISTENCIA AL CORTANTE SIN DESAGÜE (Kpa)
SA	Roca Dura	>500 (1500)		
SB	Roca	2500 to 5000 (760 a 1500)		
SC	Suelo muy denso y roca blanda	1200 to 2500 (360 to 760)	>50	>2k (100)
SD	Perfil de suelo rígido	600 to 1200 (180 to 360)	15 to 50	1k to 2k (50 to 100)
SE	Perfil de suelo sólido	<600 (180)	<15	<1k (50)
SF	Suelo que requiere evaluación específica del lugar. Véase sección 1269.3.1			

El tipo de suelo será "S<sub>e2</sub>" según tabla Nº2 del documento: MQ13-600-DC-5800-SS1200\_1

**Tabla 16 -Q (Coeficiente sísmico Ca) - UBC 97**

**Table Nº 4: Seismic Coefficient Ca**  
(UBC-97 Table 16-Q Modified for the Q1CO - Quellaveco Project)

Soil Profile	Seismic Zone Factor, Z	
	0,35	0,45
SA	0,28	0,36
SB	0,35	0,45
SC1	0,35	0,45
SC2	0,403	0,473
SD	0,403	0,473
SE	0,42	0,495
SF	(See Footnote 1 in UBC-97 Table 16-Q)	

El coeficiente sísmico Ca según la tabla Nº4 del documento: MQ13-600-DC-5800-SS1200\_1  
Ca = 0.473

Tabla 16 -Q (Coeficiente sísmico Ca) - UBC 97

Table N° 5: Seismic Coefficient Cv  
(UBC-97 Table 16-R Modified for the QICO – Quellaveco Project)

Soil Profile	Seismic Zone Factor, Z	
	0,35	0,45
SA	0,21	0,27
SB	0,35	0,45
SC1	0,35	0,45
SC2	0,604	0,709
SD	0,604	0,709
SE	1,050	1,238
SF	(See Footnote 1 in UBC-97 Table 16-R)	

El coeficiente sísmico Ca según la tabla N°5 del documento: MQ13-600-DC-5800-SS1200\_1  
Cv = 0.709

El factor de importancia sísmica será considerado como: I = 1.00  
El factor de modificación y factor de amplificación R = 4.50

Tabla 16 -T (Factor de Cercanía) - UBC 97

TIPO DE LUGAR DE ORIGEN DEL SISMO	DIST. MÁS PRÓX. AL LUG. DE ORIGEN CONOC. EL SISMO			
	≤ 2 Km	5 Km	10 Km	≥ 15 Km
A	2.00	1.60	1.20	1.00
B	1.60	1.20	1.00	1.00
C	1.00	1.00	1.00	1.00

Nv = 1.00

c) Cálculo de la Fuerza sísmica horizontal

Cortante X-X

$$V_x = 0.16 W$$

Cortante Y-Y

$$V_y = 0.32 W$$

Cortante Máximo X-X

$$V_{MX} = 0.26 W$$

Cortante Máximo Y-Y

$$V_{MY} = 0.26 W$$

Cortante mínimo X-X

$$V_{mX} = 0.05 W$$

Cortante mínimo Y-Y

$$V_{mY} = 0.05 W$$

También no debe ser menor a:

$$V_{zx} = 0.08 W$$

También no debe ser menor a:

$$V_{zy} = 0.08 W$$

$$\rightarrow V_x = 0.16 W$$

$$\rightarrow V_y = 0.26 W$$

$$\begin{aligned} CM &= 50,692.16 \text{ Kg-f} \\ CV &= 4,100.00 \text{ Kg-f} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luego:} \\ W &= 52,742.16 \text{ Kg-f} \end{aligned}$$

$$V_x = 8,673.01 \text{ Kg-f}$$

$$V_y = 13,859.47 \text{ Kg-f}$$

$$\begin{aligned} \text{Carga Sísmica en Nudo X-X} \\ V_{xn} &= 2,168.25 \text{ Kg-f} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Carga Sísmica en Nudo Y-Y} \\ V_{yn} &= 3,464.87 \text{ Kg-f} \end{aligned}$$

d) Cálculo de la Fuerza sísmica vertical

De acuerdo a los criterios de Diseño Sísmico del documento: MQ13-66-DC-5840-SS0001 Rev. 0  
denominado: "Criterios de Diseño Estructurales Marítimos, PRDW, Julio 2019" - ANEXO B  
En el ítem 3.5.2, que a su vez direcciona a:

MQ11-02-DC-0000-SC0001 Rev. 4 En el ítem: 2.1-G - N° 14 - ANEXO A  
 Del código de la UBC 97 - 1630.1.1 - Earthquake loads, que de define como:

$$V_z = [0.5C_a I]D$$

Donde:

- V<sub>z</sub>** : Fuerza sísmica vertical
- C<sub>a</sub>** : Coeficiente sísmico, como se establece en la tabla 16-K del UBC
- I** : Factor de importancia que proporciona la tabla 16-K del UBC
- D** : Efecto de la Carga Muerta

$$C_a = 0.4730$$

$$I = 1.0000$$

$$D = 50,692.1569 \text{ Kgf}$$

$$V_z = 11,988.6951 \text{ Kgf}$$

**Carga Sísmica en Nudo Z-Z**

$$V_{zn} = 2,997.1738 \text{ Kgf}$$

## 2.00 COMBINACIONES DE CARGA

De acuerdo a los criterios de diseño:

Comb U1 : 1.4D
Comb U2 : 1.2D+1.6L
Comb U3 : 1.2D+1.0L+1.6WX
Comb U4 : 1.2D+1.0L+1.6WY
Comb U5 : 1.2D+1.0L+1.0QX
Comb U6 : 1.2D+1.0L+1.0QY
Comb U7 : 1.2D+1.0L+1.0QZ
Comb U8 : 1.2D+1.0L+Qmx
Comb U9 : 1.2D+1.0L+Qmy
Comb U10 : 0.9D+Qmx
Comb U11 : 0.9D+Qmy

Donde:

- D** : Carga Muerta (Se incluye por supuesto el peso de la estructura)
- L** : Carga Viva
- W** : Carga de Viento
- Q** : Carga de Sismo
- Q<sub>m</sub>** : Fuerza sísmica máxima estimada que puede desarrollarse en la estructura
- Q<sub>h</sub>** : Carga sísmica debida al cortante de base  $V = Q$

$$Q_m = \Omega_0 Q_h$$

Donde:

- Ω<sub>0</sub>** : El factor de amplificación de la fuerza sísmica que se requiere para tener en cuenta la sobrerresistencia estructural, como se establece en la Sección 1630.3.1 del UBC 97

Se tiene el siguiente cuadro que define la correlación de sistemas estructurales y sus coeficientes y alturas límite:

TABLE 16-N—STRUCTURAL SYSTEMS<sup>1</sup>

BASIC STRUCTURAL SYSTEM <sup>2</sup>	LATERAL-FORCE-RESISTING SYSTEM DESCRIPTION	R	$\Omega_0$	HEIGHT LIMIT FOR SEISMIC ZONES 3 AND 4 (feet)
				× 304.8 for mm
1. Bearing wall system	1. Light-framed walls with shear panels			
	a. Wood structural panel walls for structures three stories or less	5.5	2.8	65
	b. All other light-framed walls	4.5	2.8	65
	2. Shear walls			
	a. Concrete	4.5	2.8	160
	b. Masonry	4.5	2.8	160
	3. Light steel-framed bearing walls with tension-only bracing	2.8	2.2	65
	4. Braced frames where bracing carries gravity load			
	a. Steel	4.4	2.2	160
	b. Concrete <sup>3</sup>	2.8	2.2	—
c. Heavy timber	2.8	2.2	65	
2. Building frame system	1. Steel eccentrically braced frame (EBF)	7.0	2.8	240
	2. Light-framed walls with shear panels			
	a. Wood structural panel walls for structures three stories or less	6.5	2.8	65
	b. All other light-framed walls	5.0	2.8	65
	3. Shear walls			
	a. Concrete	5.5	2.8	240
	b. Masonry	5.5	2.8	160
	4. Ordinary braced frames			
	a. Steel	5.6	2.2	160
	b. Concrete <sup>3</sup>	5.6	2.2	—
c. Heavy timber	5.6	2.2	65	
5. Special concentrically braced frames				
a. Steel	6.4	2.2	240	
3. Moment-resisting frame system	1. Special moment-resisting frame (SMRF)			
	a. Steel	8.5	2.8	N.L.
	b. Concrete <sup>4</sup>	8.5	2.8	N.L.
	2. Masonry moment-resisting wall frame (MMRWF)	6.5	2.8	160
	3. Concrete intermediate moment-resisting frame (IMRF) <sup>5</sup>	5.5	2.8	—
	4. Ordinary moment-resisting frame (OMRF)			
a. Steel <sup>6</sup>	4.5	2.8	160	
b. Concrete <sup>7</sup>	3.5	2.8	—	
5. Special truss moment frames of steel (STMF)	6.5	2.8	240	
4. Dual systems	1. Shear walls			
	a. Concrete with SMRF	8.5	2.8	N.L.
	b. Concrete with steel OMRF	4.2	2.8	160
	c. Concrete with concrete IMRF <sup>5</sup>	6.5	2.8	160
	d. Masonry with SMRF	5.5	2.8	160
	e. Masonry with steel OMRF	4.2	2.8	160
	f. Masonry with concrete IMRF <sup>3</sup>	4.2	2.8	—
	g. Masonry with masonry MMRWF	6.0	2.8	160
	2. Steel EBF			
	a. With steel SMRF	8.5	2.8	N.L.
	b. With steel OMRF	4.2	2.8	160
	3. Ordinary braced frames			
	a. Steel with steel SMRF	6.5	2.8	N.L.
	b. Steel with steel OMRF	4.2	2.8	160
	c. Concrete with concrete SMRF <sup>3</sup>	6.5	2.8	—
	d. Concrete with concrete IMRF <sup>3</sup>	4.2	2.8	—
4. Special concentrically braced frames				
a. Steel with steel SMRF	7.5	2.8	N.L.	
b. Steel with steel OMRF	4.2	2.8	160	
5. Cantilevered column building systems	1. Cantilevered column elements	2.2	2.0	35 <sup>7</sup>
6. Shear wall-frame interaction systems	1. Concrete <sup>8</sup>	5.5	2.8	160
7. Undefined systems	See Sections 1629.6.7 and 1629.9.2	—	—	—

Conforme al documento: **MQ13-600-DC-5800-SS1200\_1** del ANEXO A  
Ítem 2.1 - Sección G - Numeral 9

**Elección del Factor de Simplificación de Fuerza Sísmica:**

De acuerdo a la tabla 16-N del UBC97 se tiene:

Esta selección se debe a:

- Sistema estructural 1.00
- Descripción del sistema de fuerza resistente lateral 4.00 Marcos arriostrados para cargas gravitatorias
- Material  $\alpha$  Acero
- Conforme a esa correlación →  $\Omega_0 = 2.2$

<b>Qhx =</b>	8,673.01 Kgf
<b>Qmx =</b>	19,080.61 Kgf

<b>Qhy =</b>	13,859.47 Kgf
<b>Qmy =</b>	30,490.83 Kgf

<b>F. Sísmica amplif. en Nudo X-X</b>	
<b>Qmxn =</b>	4,770.15 Kgf

<b>F. Sísmica amplif. en Nudo Y-Y</b>	
<b>Qmyn =</b>	7,622.71 Kgf

Las especificaciones de diseño, se muestran a continuación:

Item	Value
1 Design Code	AISC 360-10
2 Multi-Response Case Design	Envelopes
3 Framing Type	OMF
4 Seismic Design Category	D
5 Importance Factor	1.
6 Design System Rho	1.
7 Design System Sds	0.5
8 Design System R	8.
9 Design System Omega0	3.
10 Design System Cd	5.5
11 Design Provision	LRFD
12 Analysis Method	Direct Analysis
13 Second Order Method	General 2nd Order
14 Stiffness Reduction Method	Tau-b Fixed
15 Phi(Bending)	0.9
16 Phi(Compression)	0.9
17 Phi(Tension-Yielding)	0.9
18 Phi(Tension-Fracture)	0.75
19 Phi(Shear)	0.9
20 Phi(Shear-Short Webed Rolled I)	1.
21 Phi(Torsion)	0.9
22 Ignore Seismic Code?	No
23 Ignore Special Seismic Load?	No

3.00

### 3.01 VERIFICACIÓN DE LOS DESPLAZAMIENTOS LATERALES

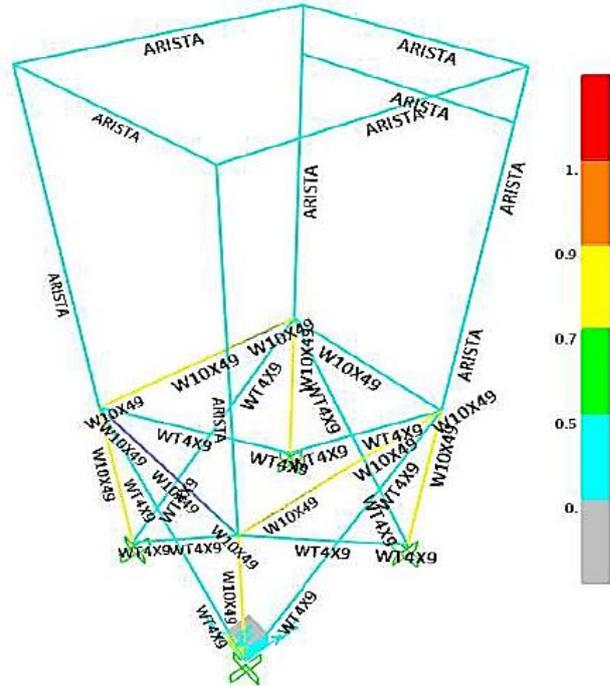
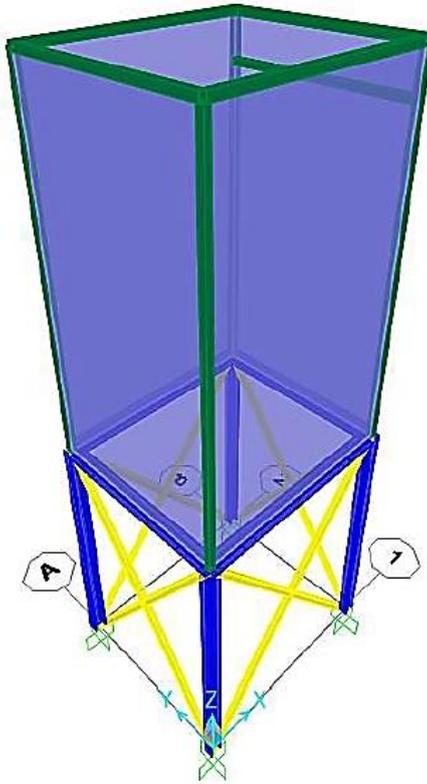
Sismo en la dirección Y - Y Comb U6 : 1.2D+1.0L+1.0QY  
 $h_1 =$  5.50 m  $R = 4.50$   
 $D_y =$  0.15 cm

Se tiene que:  $\frac{0.7R_y D_s}{100} < 0.002h \rightarrow 0.005 \text{ m} < 0.011 \text{ m} \rightarrow$  OK

### 3.02 VERIFICACIÓN DE ESBELTECES

$K_x = $ <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">1.00</span> (arriostrado) $L_x = $ <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">5.50</span> m $r_x = $ <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">4.35</span> pulg = 11.05 cm $\frac{K L_x}{r_x} < 200 \rightarrow 49.778 < 200$ $\frac{K L_y}{r_y} < 200 \rightarrow 85.250 < 200$	$K_y = $ <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">1.00</span> (arriostrado) $L_y = $ <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">5.50</span> m $r_y = $ <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">2.54</span> pulg = 6.45 cm $\frac{K L_x}{r_x} < 200 \rightarrow 49.778 < 200$ $\frac{K L_y}{r_y} < 200 \rightarrow 85.250 < 200$
---	--

#### 4.00 VERIFICACIÓN DEL DISEÑO DE LA ESTRUCTURA



hipotético  
fuerzas por aplastamiento en vigas

OK!

#### 5.00 DISEÑO DE LOS ELEMENTOS

##### a Viga Soporte

AISC 360-10 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)  
Units : Kgf, m, C

Frame : 50 X Mid: 0.3 Combo: 1.4D Design Type: Beam  
Length: 0.6 Y Mid: 3.1 Shape: W10X49 Frame Type: OMF  
Loc : 0. Z Mid: 3.8 Class: Compact Princpl Rot: 0. degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis  
D/C Limit=0.95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed  
AlphaPr/Py=0.008 AlphaPr/Pe=0.003 Tau\_b=1. EA factor=0.8 El factor=0.8  
Ignore Seismic Code? No Ignore Special EQ Load? No D/P Plug Welded? Yes

SDC: D I=1. Rho=1. Sds=0.5  
R=8. Omega0=3. Cd=5.5  
PhiB=0.9 PhiC=0.9 PhiTY=0.9 PhiTF=0.75  
PhiS=0.9 PhiS-RI=1. PhiST=0.9

A=0.009 I33=1.132E-04 r33=0.11 S33=8.915E-04 Av3=0.006  
J=0. I22=3.888E-05 r22=0.065 S22=3.061E-04 Av2=0.002  
E=2.039E+10 Fy=25310506.54 Ry=1.5 z33=9.898E-04 Cw=0.  
RLLF=1. Fu=40778038.3 z22=4.638E-04

##### STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 1.4D)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0.	-1803.375	-19151.363	-0.724	-19052.331	-0.021	-0.008

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1b)

D/C Ratio:  $0.854 = 0.005 + 0.849 + 0.$   
 $= (1/2)(Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)$

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1b)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	5.975	1.	1.	1.	1.	1.
Minor Bending	5.975	1.	1.	1.	1.	1.

	L1tb	K1tb	Cb
LTB	5.975	1.	1.313

	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt
Axial	Force	Capacity	Capacity
	-1803.375	180033.31	211628.065

	Mu	phi*Mn	phi*Mn	phi*Mn
	Moment	Capacity	No LTB	Cb=1
Major Moment	-19151.363	22546.62	22546.62	22239.011
Minor Moment	-0.724	10564.061		

SHEAR CHECK

	Vu	phi*Vn	Stress	Status
	Force	Capacity	Ratio	Check
Major Shear	19052.331	33311.826	0.572	OK
Minor Shear	0.021	98759.766	0.	OK

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor	VMajor
	Left	Right
Major (V2)	19052.331	18972.338

**b** Column Supporte

AISC 360-10 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)  
 Units : Kgf, m, C

Frame : 1 X Mid: 0. Combo: 1.4D Design Type: Column  
 Length: 3.8 Y Mid: 3.1 Shape: W10X49 Frame Type: OMF  
 Loc : 0. Z Mid: 1.9 Class: Compact Princpl Rot: 0. degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis  
 D/C Limit=0.95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed  
 AlphaPr/Py=0.077 AlphaPr/Pe=0.034 Tau\_b=1. EA factor=0.8 EI factor=0.8  
 Ignore Seismic Code? No Ignore Special EQ Load? No D/P Plug Welded? Yes

SDC: D	I=1.	Rho=1.	Sds=0.5
R=8.	Omega0=3.	Cd=5.5	
PhiB=0.9	PhiC=0.9	PhiTY=0.9	PhiTF=0.75
PhiS=0.9	PhiS-Rl=1.	PhiST=0.9	

A=0.009	I33=1.132E-04	r33=0.11	S33=8.915E-04	Av3=0.006
J=0.	I22=3.888E-05	r22=0.065	S22=3.061E-04	Av2=0.002
E=2.039E+10	Fy=25310506.54	Ry=1.5	z33=9.898E-04	Cw=0.
RLLF=1.	Fu=40778038.3		z22=4.638E-04	

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 1.4D)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0.	-18204.859	15106.087	9.49	5830.675	3.949	-0.002

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1b)

$$D/C \text{ Ratio: } 0.722 = 0.052 + 0.67 + 0. \\ = (1/2)(Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)$$

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1b)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1.	1.	1.	1.	1.	0.413
Minor Bending	1.	1.	1.	1.	1.	0.367

	Lt/b	Klt/b	Cb
LTB	1.	1.	2.168

	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt
Axial	Force	Capacity	Capacity
	-18204.859	176472.801	211628.065

	Mu	phi*Mn	phi*Mn	phi*Mn
	Moment	Capacity	No LTB	Cb=1
Major Moment	15106.087	22546.62	22546.62	22051.992
Minor Moment	9.49	10564.061		

SHEAR CHECK

	Vu	phi*Vn	Stress	Status
	Force	Capacity	Ratio	Check
Major Shear	5830.675	33311.826	0.175	OK
Minor Shear	3.949	98759.766	3.999E-05	OK

**C** Arriostre

AISC 360-10 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)

Units : Kgf, m, C

Frame : 37 X Mid: 0. Combo: 1.2D+1.0L+1.0QY Design Type: Brace  
 Length: 2.452 Y Mid: 0.775 Shape: WT4X9 Frame Type: OMF  
 Loc : 1.226 Z Mid: 2.85 Class: Compact Princpl Rot: 90. degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis

D/C Limit=0.95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed  
 AlphaPr/Py=0.158 AlphaPr/Pe=0.142 Tau\_b=1. EA factor=0.8 EI factor=0.8  
 Ignore Seismic Code? No Ignore Special EQ Load? No D/P Plug Welded? Yes

SDC: D I=1. Rho=1. Sds=0.5  
 R=8. Omega0=3. Cd=5.5  
 PhiB=0.9 PhiC=0.9 PhiTY=0.9 PhiTF=0.75  
 PhiS=0.9 PhiS-RI=1. PhiST=0.9

A=0.002 I33=1.419E-06 r33=0.029 S33=1.727E-05 Av3=9.314E-04  
 J=0. I22=1.657E-06 r22=0.031 S22=2.485E-05 Av2=6.039E-04  
 Ixy=0. Imax=1.657E-06 rmax=0.031 Smax=2.485E-05  
 Rot= 90. deg Imin=1.419E-06 rmin=0.029 Smin=1.727E-05  
 E=2.039E+10 Fy=25310506.54 Ry=1.5 z33=3.048E-05  
 RLLF=1. Fu=40778038.3 z22=3.818E-05

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 1.2D+1.0L+1.0QY)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
1.226	-6764.396	7.593	0.	0.	0.	-0.258

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H2-1, Top-Right)

$$D/C \text{ Ratio: } 0.268 = \text{abs}((-0.256) + (-0.012) + 0.) \\ = \text{abs}(fa/Fa + fbw/Fbw + fbz/Fbz)$$

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H2-1,Top-Right)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1.	1.	1.	1.	1.	1.
Minor Bending	1.	1.	1.	1.	1.	1.

	Ltfb	Kltfb	Cb
LTB	1.	1.	1.316

	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt
	Force	Capacity	Capacity
Axial	-6764.396	26474.829	38651.517

	Mu	phi*Mn	phi*Mn	phi*Mn
	Moment	Capacity	No LTB	Cb=1
Major Moment	7.593	629.376	629.376	629.376
Minor Moment	0.	811.758		

SHEAR CHECK

	Vu	phi*Vn	Stress	Status
	Force	Capacity	Ratio	Check
Major Shear	0.	8254.377	0.	OK
Minor Shear	0.	15276.902	0.	OK

**6.00 RESUMEN DE ELEMENTOS**

1.00 Viga Soporte	VS	W10"X49#
2.00 Columna Soporte	CS	W10"X49#
3.00 Arriostres	AR	WT4"X9#
4.00 Placa Base	PB	450mmX450mmX5/8"

**7.00 CONCLUSIONES**

7.01 El peso de los elementos estructurales del modelado se ha incrementado por un factor de 1.4 que influirá en el análisis sísmico estático.

7.02 Para la carga del viento, el diseño es del UBC 97 con una velocidad de 100 Km/h.

7.03 Para las condiciones sísmicas se ha utilizado la norma UBC 97.

7.04 Las combinaciones de carga están expuestas bajo la normativa **ASCE 7-10** como parte clave del código de construcción del **LRFD**.

7.05 El código de diseño en el análisis es el del **AISC-10**, cuyas fórmulas empleadas son las siguientes:

- Para los elementos el programa considera los estados límites del estado de pandeo local del alma como:

$$h/t_w < \lambda_p$$

(\*) Donde  $\lambda_p$  es el factor limitante de la proporción ancho-espesor.

- Para los elementos el programa considera los estados límites del estado de pandeo local del ala como:

$$bf/2t_f < \lambda_p$$

- Para las columnas se verificó la consideración de esbeltez de acuerdo al AISC 341-10 como:

$$KL/r_t < 200$$

- Para el análisis de las columnas utiliza el siguiente ratio:

$$\frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \frac{M_u}{\phi M_n} < 1$$

- Para el análisis de las vigas utiliza el siguiente ratio:

$$\frac{M_{ux}}{\phi M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi M_{ny}} < 1$$

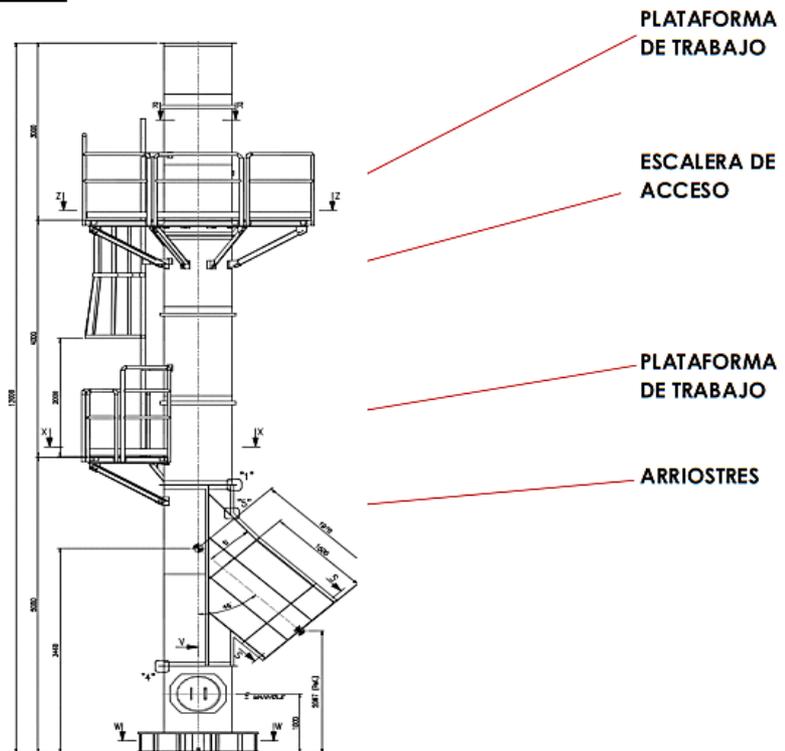
## Anexo N: Diseño Estructural de Chimenea

### DISEÑO - CHIMENEA 5830-BH-001

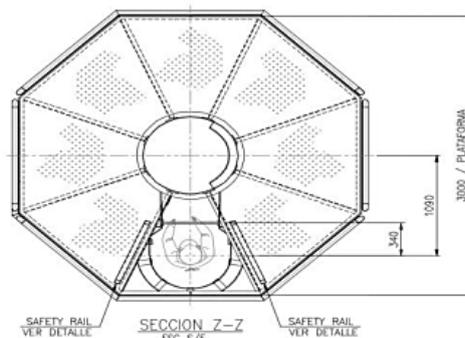
En esta Memoria de cálculo corresponden los siguientes ítems:

- 1,00 METRADO DE CARGAS TOTALES
- 2,00 COMBINACIONES DE CARGA
- 3,00 VERIFICACION DE LOS DESPLAZAMIENTOS EN LA ESTRUCTURA
- 4,00 DISEÑO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES
- 5,00 VERIFICACIÓN DE LOS DEL ESPESOR DE LAS PLANCHAS DE ACERO
- 6,00 DISEÑO DE LOS ELEMENTOS
- 7,00 RESUMEN DE LOS ELEMENTOS
- 8,00 VERIFICACIÓN DE PERNOS DE ANCLAJE
- 9,00 VERIFICACIÓN DE PLANCHA BASE
- 10,00 VERIFICACIÓN DE EFECTO DE VÓRTICE
- 11,00 CONCLUSIONES

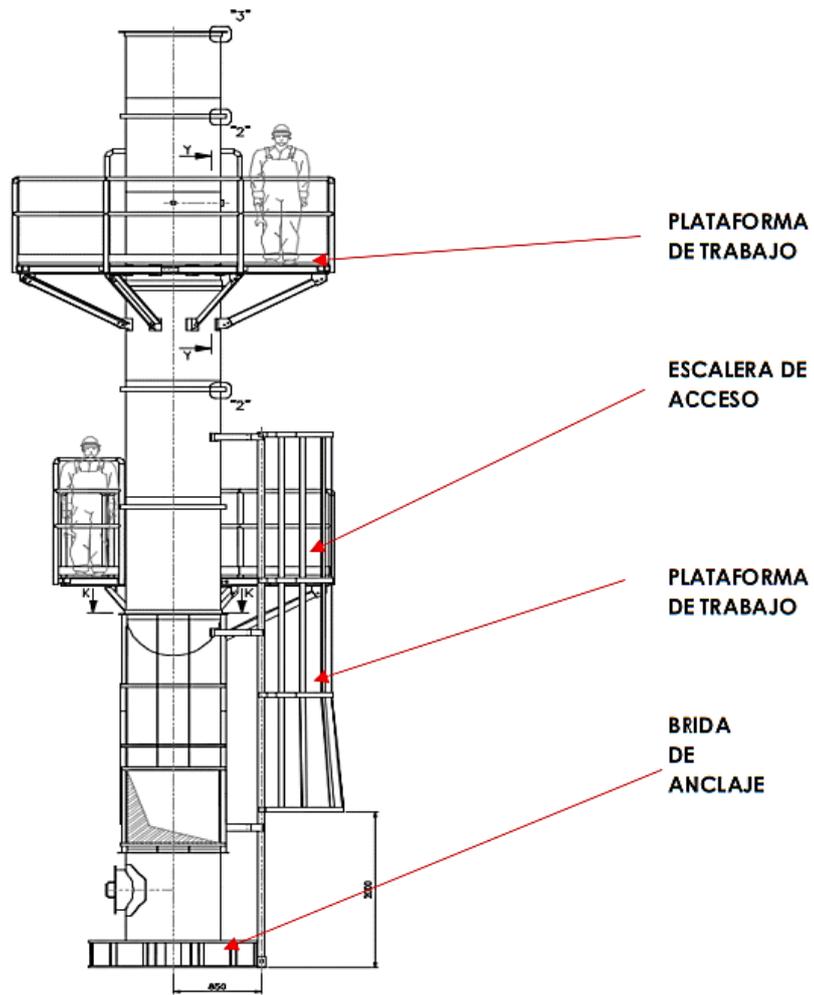
#### 1,00 METRADO DE CARGAS TOTALES



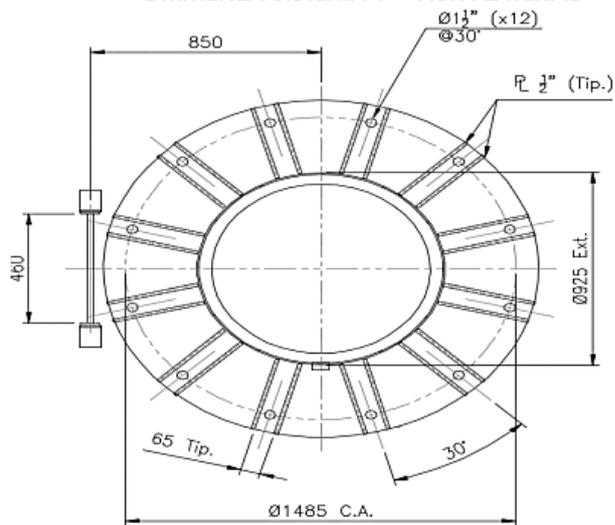
CHIMENEA SISTEMA 1 - VISTA FRONTAL



CHIMENEA SISTEMA 1  
VISTA SUPERIOR



**CHIMENEA SISTEMA 1 - VISTA LATERAL**



**BRIDA DE ANCLAJE - BASE**

**VS** : Viga Soporte  
**AR** : Arriostre  
**PC** : Plancha de chimenea

**PB** : Plancha Base  
**PA** : Pernos de Anclaje  
**PE** : Plancha estriada  
**EG** : Escalera de gato

## PREDIMENSIONAMIENTO DE LA ESTRUCTURA

Se tiene el siguiente predimensionamiento:

- VS** : C4x5,4
- AR** : L3x3x1/4
- PC** : Plancha de espesor 6 mm
- PB** : Diámetro exterior 925 mm, diámetro de pernos 1485 mm, espesor de 25mm incluye doble cartela de 12 mm de espesor

### 1.01 CARGAS MUERTAS

#### **A) PESO DE LOS ELEMENTOS MODELADOS**

##### **a.- Viga Soporte**

- 1.- Elemento a considerar: 

<b>C</b>	<b>4"</b>	<b>X</b>	<b>5#</b>
----------	-----------	----------	-----------

**(VS)**
- 2.- Carga Lineal a considerar = 5,40 Lb/pie = 8,053 Kgf/m
- 3.- Long. Total de los elementos = 28,05 m
- 4.- Peso Total de los elementos = 225,89 Kgf

##### **b.- Arriostre**

- 1.- Elemento a considerar: 

<b>L</b>	<b>3"</b>	<b>X</b>	<b>1/4"</b>
----------	-----------	----------	-------------

**(AR)**
- 2.- Carga Lineal a considerar = 7,29 = 7,29 Kgf/m
- 3.- Long. Total de los elementos = 10,23 m
- 4.- Peso Total de los elementos = 74,60 Kgf

##### **c.- Placa Base**

- 1.- Peso Total de los elementos = 618,77 Kgf **(PC)**

##### **d.- Plancha de chimenea**

- 1.- Peso Total de los elementos = 1.859,87 Kgf **(PB)**

$$\text{Factor de Amplif.} = 1,4$$

<b>PTEM = 3.890,77 Kg-f</b>
-----------------------------

(1)

#### **B) PESO DE LOS ELEMENTOS NO MODELADOS**

##### **a) Peso de la plancha estriada 6 mm de espesor**

<b>A =</b> 5,21 m <sup>2</sup>	<b>B =</b> 1,92 m <sup>2</sup>	<b>Pg = 356,50 Kg-f</b>	(2)
<b>At =</b> 7,1 m <sup>2</sup>	<b>R =</b> 50,00 Kgf/m <sup>2</sup>		

<b>Ancho tributario promedio (b)</b>	=	0,8 m	
<b>Carga Lineal ( R x b )</b>	=	40,00	Kgf/m

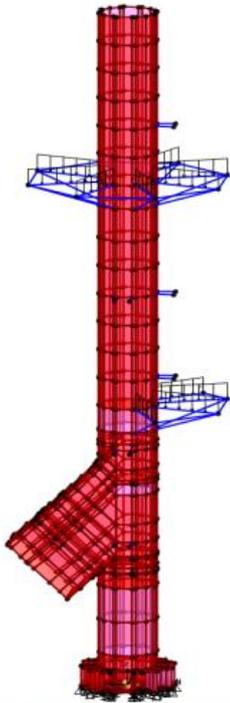
##### **b) Peso de la escalera de gato**

<b>Carga / punto de apoyo</b>	=	150,00	kgf	
<b>Puntos de apoyo</b>	=	12		
<b>Peso escaleras de gato</b>	=	1800	kgf	(3)

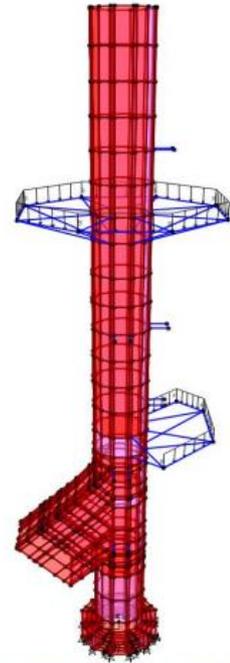
##### **c) Peso de la baranda**

**Carga Lineal Superior**  
Longitud de barandas  
Peso total

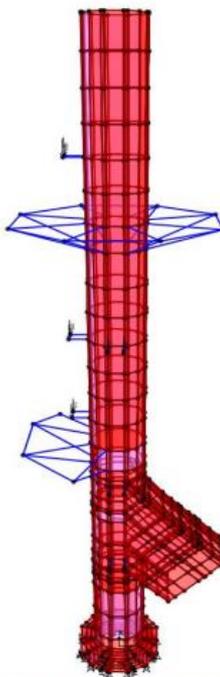
=	20,00	Kg-f/m	
=	13,8	m	
=	276	kgf	( 4 )



**CARGAS DEBIDO A LA PLANCHA ESTRIADA**



**CARGAS DEBIDO A LA BARANDA**

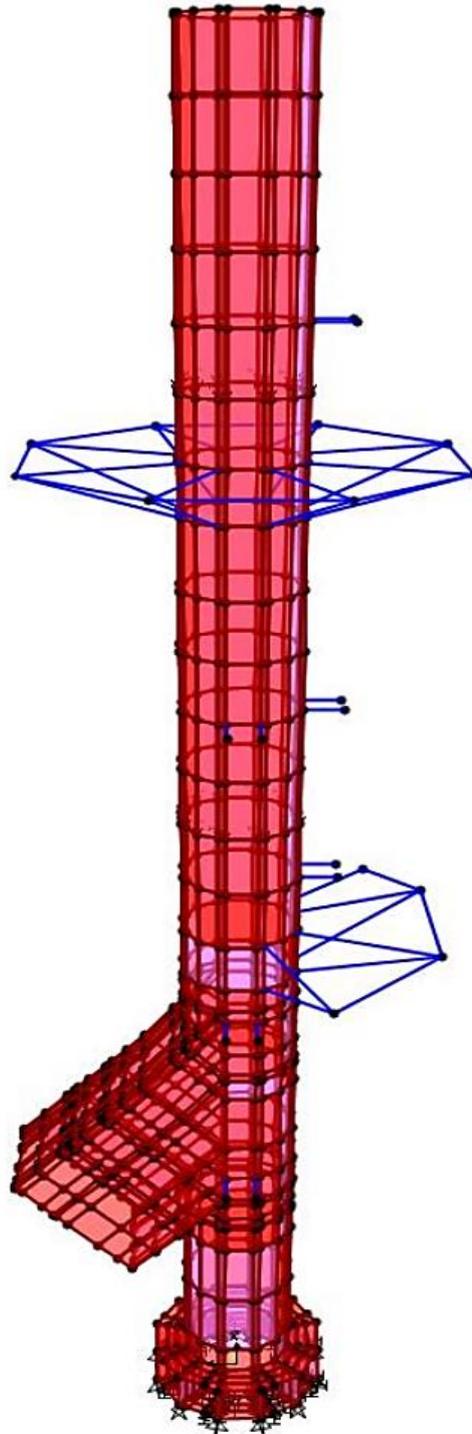


**CARGAS DEBIDO A LA ESCALERA DE GATO**

**d) Peso de las cartelas y pernos de sujeción**

Peso de los elementos modelados	=	3.890,77 Kgf
Porcentaje participativo	=	10,00%
Peso de Las cartelas y pernos	=	<b>389,08 Kgf</b>

( 5 )



**CARGAS DEBIDO A CARTELAS Y PERNOS DE SUJECIÓN**

d) **Peso total de los elementos no modelados**

$$PTENM = 2.821,58 \text{ Kgf}$$

(2 + 3 + 4 + 5)

1.02 **CARGAS VIVAS ACTUANTES**

a) **Peso sobre el Grating**

$$A = 5,21 \text{ m}^2$$

$$At = 7,1 \text{ m}^2$$

$$B = 1,92 \text{ m}^2$$

$$R = 250 \text{ Kgf/m}^2$$

$$Pg = 1.782,50 \text{ Kgf}$$

Ancho tributario promedio (b) = 0,8 m

Carga Lineal (R x b) = 200,00 Kgf/m

$$\text{PESO TOTAL DE LA CARGA VIVA (PTCV)} = 1.782,50 \text{ Kgf}$$

1.03 **CARGAS DE VIENTO ACTUANTES**

CONDICIONES GENERALES DE OPERACIÓN	
	METEOROLOGIA E HIDROLOGIA DEL PERU (SENAMHI), PARA EL PUERTO DE ILO, PERÚ.
<b>VIENTO</b>	
<b>VELOCIDAD MINIMA DE DISEÑO</b>	<b>100 Km/h</b>

$$V = 100 \text{ Km/h}$$

La presión debida cargas de viento está definida de acuerdo a la Norma UBC97:

$$P = C_e \cdot q_s \cdot I_W \cdot C_q$$

Donde:

**C<sub>e</sub>** : Altura combinada. Coeficiente de exposiciones y de factor de ráfaga como se indica en la tabla 16-G

<b>Exposicion B:</b>	Tiene suelo con edificaciones, bosques o irregularidades superficiales q cubre por lo menos el 20 % del area del nivel del suelo, extendiendose 1.61 km (1milla) o mas de su lugar	
<b>Exposicion C:</b>	Tiene un suelo que es plano y generalmente abierto, extendiendose 0.81 km (1/2 milla) o mas desde el lugar en cualquier cuadrante completo	
<b>Exposicion D:</b>	Exposicion mas critica en area con velocidades de 129 km/h (80mph) o mayores y tienen un terreno plano y sin obstrucciones frente a grandes cuerpos de agua de mas de 1.61 km (1 milla) o mayores de ancho relativo a cualquier cuadrante del lugar de la edificación.	

Tabla 16-G

Altura sobre el nivel promedio del Terreno		Exposicion B	Exposicion C	Exposicion D
15.00 ft	4.57 m	0.62	1.06	1.39
18.04 ft	5.50 m	0.65	1.10	1.43
20.00 ft	6.10 m	0.67	1.13	1.45
22.97 ft	7.00 m	0.70	1.17	1.48
25.00 ft	7.62 m	0.72	1.19	1.50
26.25 ft	8.00 m	0.73	1.20	1.51
30.00 ft	10.15 m	0.76	1.23	1.54
36.09 ft	11.00 m	0.79	1.26	1.57
40.00 ft	12.19 m	0.84	1.31	1.62
42.65 ft	13.00 m	0.85	1.33	1.63
60.00 ft	18.29 m	0.95	1.43	1.73
65.62 ft	20.00 m	0.98	1.46	1.75
80.00 ft	24.38 m	1.04	1.53	1.81
82.02 ft	25.00 m	1.05	1.54	1.82
100.00 ft	30.48 m	1.13	1.61	1.88
108.27 ft	33.00 m	1.16	1.63	1.90
120.00 ft	36.58 m	1.20	1.67	1.93
131.23 ft	40.00 m	1.23	1.70	1.96
160.00 ft	48.77 m	1.31	1.79	2.02
164.04 ft	50.00 m	1.32	1.80	2.03
200.00 ft	60.96 m	1.42	1.87	2.10
262.47 ft	80.00 m	1.55	1.98	2.18
300.00 ft	91.44 m	1.63	2.05	2.23

$q_s$  : Presión de remanso del viento a la altura estándar de 10m (3.3') como se establece en la tabla 16-F

Tabla 16-F

Velocidad básica del viento		Presion $q_s$		
40.00 Km/h	25 mph	1.59 Psi	0.08 KN/m <sup>2</sup>	7.74 Kg/m <sup>2</sup>
45.00 Km/h	28 mph	2.08 Psi	0.10 KN/m <sup>2</sup>	10.16 Kg/m <sup>2</sup>
60.00 Km/h	37 mph	3.57 Psi	0.17 KN/m <sup>2</sup>	17.41 Kg/m <sup>2</sup>
70.00 Km/h	43 mph	4.95 Psi	0.24 KN/m <sup>2</sup>	24.19 Kg/m <sup>2</sup>
80.00 Km/h	50 mph	6.34 Psi	0.30 KN/m <sup>2</sup>	30.96 Kg/m <sup>2</sup>
90.00 Km/h	56 mph	8.12 Psi	0.39 KN/m <sup>2</sup>	39.66 Kg/m <sup>2</sup>
100.00 Km/h	62 mph	9.91 Psi	0.47 KN/m <sup>2</sup>	48.37 Kg/m <sup>2</sup>
110.00 Km/h	68 mph	12.04 Psi	0.58 KN/m <sup>2</sup>	58.76 Kg/m <sup>2</sup>
112.65 Km/h	70 mph	12.60 Psi	0.60 KN/m <sup>2</sup>	61.52 Kg/m <sup>2</sup>
125.00 Km/h	78 mph	15.52 Psi	0.74 KN/m <sup>2</sup>	75.76 Kg/m <sup>2</sup>
128.75 Km/h	80 mph	16.40 Psi	0.79 KN/m <sup>2</sup>	80.08 Kg/m <sup>2</sup>
130.00 Km/h	81 mph	16.74 Psi	0.80 KN/m <sup>2</sup>	81.75 Kg/m <sup>2</sup>
144.84 Km/h	90 mph	20.80 Psi	1.00 KN/m <sup>2</sup>	101.56 Kg/m <sup>2</sup>
150.00 Km/h	93 mph	22.34 Psi	1.07 KN/m <sup>2</sup>	109.08 Kg/m <sup>2</sup>
160.93 Km/h	100 mph	25.60 Psi	1.23 KN/m <sup>2</sup>	125.00 Kg/m <sup>2</sup>
165.00 Km/h	103 mph	26.96 Psi	1.29 KN/m <sup>2</sup>	131.66 Kg/m <sup>2</sup>
177.03 Km/h	110 mph	31.00 Psi	1.48 KN/m <sup>2</sup>	151.37 Kg/m <sup>2</sup>
180.00 Km/h	112 mph	32.09 Psi	1.54 KN/m <sup>2</sup>	156.69 Kg/m <sup>2</sup>
193.12 Km/h	120 mph	36.90 Psi	1.77 KN/m <sup>2</sup>	180.17 Kg/m <sup>2</sup>
200.00 Km/h	124 mph	39.64 Psi	1.90 KN/m <sup>2</sup>	193.53 Kg/m <sup>2</sup>
209.21 Km/h	130 mph	43.30 Psi	2.07 KN/m <sup>2</sup>	211.42 Kg/m <sup>2</sup>

$I_w$  : Factor de Importancia como se establece en la tabla 16-K

Tabla 16-k

Categoría	Tipo de uso, destino e importancia	Factor I
Edificaciones Esenciales y/o peligrosas	Hospitales, clínicas, centros de salud o de emergencia sanitaria. Instalaciones militares, de policía, bomberos, defensa civil. Garajes o estacionamientos para vehículos y aviones que atienden emergencias. Torres de control aéreo. Estructuras de centros de telecomunicaciones u otros centros de atención de emergencias. Estructuras que albergan equipos de generación y distribución eléctrica. Tanques u otras estructuras utilizadas para depósito de agua u otras sustancias anti-incendio. Estructuras que albergan depósitos tóxicos, explosivos, químicos u otras sustancias peligrosas.	1.15
Estructuras de ocupación especial	Museos, iglesias, escuelas y centros de educación o deportivos que albergan más de trescientas personas. Todas las estructuras que albergan más de cinco mil personas. Edificios públicos que requieren operar continuamente.	1.15
Otras estructuras	Todas las estructuras de edificación y otras que no clasifican dentro de las categorías anteriores.	1.00
Misceláneos	Especiales excepto torres	1.00

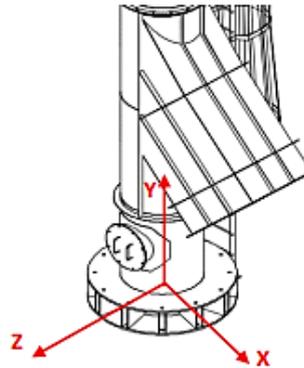
$C_q$  : Coeficiente de presión para la estructura o la parte de la misma bajo consideraciones como se muestra en la tabla 16-H

Tabla 16-H 1.-Estructuras de sistemas prismáticos
<p>Metodo 1 (Metodo de la Fuerza Normal) Diseño para estructuras rígidas a 2 aguas</p> <p>Metodo 2 (Metodo del Area Proyectada) Estructuras y sistemas Primarios</p> <p><b>2.-Elementos y componentes que no estan en areas de disminucion</b> Estructuras encerradas, parcialmente encerradas, no encerradas y parapetos</p> <p><b>3.-Elementos y componentes en areas de discontinuidad</b> Elementos techos encerradas, parcialmente encerradas, no encerradas y parapetos</p> <p><b>4.-Chimeneas, Tanques y torres solidas</b> Aleros de techos, cornisas inclinadas o cumbrosos y toldos</p> <p><b>5.-Torres de estructuras abiertas</b> Cuadrados, rectangulares, hexagonales, octogonales y redondos</p> <p><b>6.-Accesorios de torres</b> Escaleras, conductos, lamparas y ascensores</p> <p><b>7.-Señalización areas de banderas, postes de luz estructuras menores</b></p>

Teniendo en cuenta las consideraciones de la tabla, se tiene:

$$\begin{aligned}
 h &= 12 \text{ m} &= 39,37 \text{ pie} & \text{Factor de exposición:} & C \\
 C_e &= 1,31 & & & \text{(UBC 97)} \\
 q_s &= 9,91 \text{ Psi} &= 0,47 \text{ KN/m}^2 &= & 48,37 \text{ Kgf/m}^2 & \text{(UBC 97)} \\
 I_w &= 1,00 & & & \text{(UBC 97)} \\
 C_q &= 1,00 & & & \text{(UBC 97)} \\
 \\ 
 \rightarrow P &= 63,3647 \text{ Kgf/m}^2
 \end{aligned}$$

Se tiene el área proyectada de la superficie del tanque donde actúa la fuerza:



**EJES GLOBALES - CHIMENEA**

En la dirección Z-Z

$$\begin{aligned}
 a_i &= 11,100 \text{ m}^2 \\
 a_c &= 1,740 \text{ m}^2 \\
 a_T &= 12,840 \text{ m}^2 & (a_c + a_i)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rightarrow W_z &= 813,62 \text{ Kgf} & (P \times a_T) \\
 \text{Brazo} &= 6,00 \text{ m} \\
 \text{Mvolteo - x} &= 4.881,70 \text{ kgf-m} & \text{Momento de volteo en la base por el viento X-X}
 \end{aligned}$$

En la dirección X-X

$$\begin{aligned}
 a_i &= 11,100 \text{ m}^2 \\
 \rightarrow W_x &= 703,35 \text{ Kgf/m} & (P \times a_i) \\
 \text{Brazo} &= 6,00 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\text{Mvolteo - z} = 4.220,09 \text{ kgf-m} \quad \text{Momento de volteo en la base por el viento Y-Y}$$

#### 1.04 CARGAS DE SISMO ACTUANTES

##### a) Cálculo de la Masa Total de la chimenea

La masa total de la estructura está determinada según las siguientes expresiones:

Donde:

$$\begin{aligned}
 P_{TE} &= P_{TEM} + P_{TENM} & P_{TE} &= 6.712,35 \text{ Kgf} \\
 \Omega &= \frac{P_{TE}}{9.81} & \Omega &= 684,24 \text{ Kg-s}^2/\text{m}
 \end{aligned}$$

b) **Cálculo de parámetros sísmicos:**

**PERIODO DE LA ESTRUCTURA**

Se determinará aplicando una carga lateral al pórtico con el fin de hallar su rigidez lateral, de manera de hallar el periodo fundamental de la estructura

Aplicando una fuerza lateral:  $F = 3000$  Kgf se obtiene un desplazamiento lateral

**EJE Z-Z (horizontal)**

$$Dz = 0,09240 \text{ m}$$

La rigidez lateral será:

$$Kz = 32.467,53 \text{ Kgf/m}$$

El periodo de la estructura en esta dirección será:

$$Tz = 0,91 \text{ s}$$

**EJE X-X (horizontal)**

$$Dx = 0,12540 \text{ m}$$

La rigidez lateral será:

$$Kx = 23.923,44 \text{ Kgf/m}$$

El periodo de la estructura en esta dirección será:

$$Tx = 1,06 \text{ s}$$

Se procederá realizar el cálculo del cortante base conforme a la Norma UBC 97

El código UBC 97 en la sección 1630.2.1 requiere que el refuerzo de corte basal total de diseño en una dirección determinada debe determinarse en base a la siguiente fórmula:

$$V = \frac{C_v \cdot I}{RT} \cdot W \quad (\text{CASO 1})$$

El esfuerzo de corte basal total de diseño no debe exceder lo siguiente:

$$V = \frac{2.5C_a \cdot I}{R} \cdot W \quad (\text{CASO 2})$$

El esfuerzo de corte basal total de diseño no debe ser menor de los siguiente:

$$V = 0.11C_a \cdot I \cdot W \quad (\text{CASO 3})$$

Además para la zona sísmica 4, el esfuerzo de corte basal total también debe no ser menor de los siguiente:

$$V = \frac{0.8Z \cdot N_v \cdot I}{R} \cdot W \quad (\text{CASO 4})$$

Donde:

**C<sub>v</sub>** : Coeficiente sísmico, como se establece en la tabla 16-R del UBC

**I** : Factor de importancia que proporciona la tabla 16-K del UBC

**R** : Coeficiente numérico representativo de la sobre resistencia inherente y capacidad de ductilidad global de los sistemas resistentes a fuerzas laterales como se establecen en las tablas 16-N o 16-P

**T** : Periodo de vibración elástico fundamental, en segundos, de la estructura en la dirección bajo consideración

**C<sub>a</sub>** : Coeficiente sísmico, como se establece en la tabla 16-K del UBC

**Z** : Factor de zona sísmica que proporciona la tabla 16-I del UBC

**N<sub>v</sub>** : Factor de cercanía a la fuente, utilizado en la determinación de C<sub>v</sub> en la zona sísmica 4 relativo a la proximidad de la edificación o estructura a fallas conocidas con magnitudes y tasa de deslizamiento como se establece en las tablas 16-T y 16-U del UBC

**Na** : Factor de cercanía a la fuente de origen utilizado al determinar Ca en la zona sísmica 4 relativo a la proximidad de la edificación o estructura a fallas conocidas con magnitudes y relaciones de deslizamiento como se establecen en las tablas 16-S y 16-U del UBC

**Tabla 16 -I (Factor de Zona) - UBC 97**

ZONE	1	2A	2B	3	4
Z	0,075	0,15	0,2	0,3	0,4

Comparativa:

Table N° 3: Seismic Zone Factor, Z  
(UBC-97 Table 16-I Modified for the QICO - Quellaveco Project)

	Zone 3	Zone 4
Z	0,35	0,45

Según 3.4.2 del documento:  
MQ13-600-DC-5800-SS1200\_1  
Z = 0,45

**Tabla 16 -J (Factor de perfiles de suelo) - UBC 97**

TIPO PERF. DE SUELOS	NOMBRE DEL PERF. DE SUELOS / DESCRIPCIÓN GENÉRICA	VELOCIDAD DE ONDA DE CORTANTE, Vs pie/s (m/s)	ENSAYO ESTÁND. PENET. no cohes.	RESISTENCIA AL CORTANTE SIN DESAGÜE (Kpa)
S <sub>A</sub>	Roca Dura	>500 (1500)		
S <sub>B</sub>	Roca	2500 to 5000 (760 a 1500)		
S <sub>C</sub>	Suelo muy denso y roca blanda	1200 to 2500 (360 to 760)	>50	>2k (100)
S <sub>D</sub>	Perfil de suelo rígido	600 to 1200 (180 to 360)	15 to 50	1k to 2k (50 to 100)
S <sub>E</sub>	Perfil de suelo sólido	<600 (180)	<15	<1k (50)
S <sub>F</sub>	Suelo que requiere evaluación específica del lugar. Véase sección 1269.3.1			

El tipo de suelo será "S<sub>e2</sub>" según tabla N°2 del documento: MQ13-600-DC-5800-SS1200\_1

**Tabla 16 -Q (Coeficiente sísmico Ca) - UBC 97**

Table N° 4: Seismic Coefficient Ca  
(UBC-97 Table 16-Q Modified for the QICO – Quellaveco Project)

Soil Profile	Seismic Zone Factor, Z	
	0,35	0,45
S <sub>A</sub>	0,28	0,36
S <sub>B</sub>	0,35	0,45
S <sub>C1</sub>	0,35	0,45
S <sub>C2</sub>	0,403	0,473
S <sub>D</sub>	0,403	0,473
S <sub>E</sub>	0,42	0,495
S <sub>F</sub>	(See Footnote 1 in UBC-97 Table 16-Q)	

El coeficiente sísmico  $C_a$  según la tabla N°4 del documento: MQ13-600-DC-5800-SS1200\_1  
 $C_a = 0,473$

**Tabla 16 -Q (Coeficiente sísmico  $C_a$ ) - UBC 97**

**Table N° 5: Seismic Coefficient  $C_v$**   
 (UBC-97 Table 16-R Modified for the Q1CO – Quellaveco Project)

Soil Profile	Seismic Zone Factor, $Z$	
	0,35	0,45
$S_A$	0,21	0,27
$S_B$	0,35	0,45
$S_{C1}$	0,35	0,45
$S_{C2}$	0,604	0,709
$S_D$	0,604	0,709
$S_E$	1,050	1,238
$S_F$	(See Footnote 1 in UBC-97 Table 16-R)	

El coeficiente sísmico  $C_v$  según la tabla N°5 del documento: MQ13-600-DC-5800-SS1200\_1  
 $C_v = 0,709$

El factor de importancia sísmica será considerado como:  $I = 1,00$   
 El factor de modificación y factor de amplificación  $R = 2,20$

**Tabla 16 -T (Factor de Cercanía) - UBC 97**

TIPO DE LUGAR DE ORIGEN DEL SISMO	DIST. MÁS PRÓX. AL LUG. DE ORIGEN CONOC. EL SISMO			
	$\leq 2$ Km	5 Km	10 Km	$\geq 15$ Km
A	2,00	1,60	1,20	1,00
B	1,60	1,20	1,00	1,00
C	1,00	1,00	1,00	1,00

$N_v = 1,00$

**c) Cálculo de la Fuerza sísmica horizontal**

**Cortante Z-Z**

$$V_z = 0,35 W$$

**Cortante X-X**

$$V_x = 0,41 W$$

**Cortante Máximo Z-Z**

$$V_{Mz} = 0,54 W$$

**Cortante Máximo X-X**

$$V_{Mx} = 0,54 W$$

**Cortante mínimo X-X**

$$V_{mz} = 0,05 W$$

**Cortante mínimo Y-Y**

$$V_{mx} = 0,05 W$$

**También no debe ser menor a:**

$$V_{zz} = 0,16 W$$

**También no debe ser menor a:**

$$V_{zx} = 0,16 W$$

$$\rightarrow V_z = 0,35 W$$

$$\rightarrow V_x = 0,41 W$$

$$CM = 6.712,35 \text{ Kg-f}$$

$$CV = 1.782,50 \text{ Kg-f}$$

Luego:

$$W = 7.603,60 \text{ Kg-f}$$

(  $CM + 0,5 \times CV$  )

Fuerza sísmica en la base de la chimenea - ejes globales:

$$V_z = 2.686,49 \text{ Kgf}$$

$$V_x = 3.129,66 \text{ Kgf}$$

#### d) Cálculo de la Fuerza sísmica vertical

De acuerdo a los criterios de Diseño Sísmico del documento: MQ13-66-DC-5840-SS0001 Rev. 0  
denominado: "Criterios de Diseño Estructurales Marítimos, PRDW, Julio 2019" - ANEXO B

En el ítem 3.5.2, que a su vez direcciona a:

MQ11-02-DC-0000-SC0001 Rev. 4 En el ítem: 2.1-G - N° 14 - ANEXO A

Del código de la UBC 97 - 1630.1.1 - Earthquake loads, que de define como:  $V_y = [0.5C_a I]D$

Donde:

**V<sub>y</sub>** : Fuerza sísmica vertical

**C<sub>a</sub>** : Coeficiente sísmico, como se establece en la tabla 16-K del UBC

**I** : Factor de importancia que proporciona la tabla 16-K del UBC

**D** : Efecto de la Carga Muerta

$$C_a = 0,4730$$

$$I = 1,0000$$

$$D = 6.712,35 \text{ Kgf}$$

$$V_y = 1.587,47 \text{ Kgf}$$

## 2.00 COMBINACIONES DE CARGA

De acuerdo a los criterios de diseño presentados en el documento:

**MQ13-600-DC-5800-SS1200\_1**

LRFD:

Comb U1 : 1.4D
Comb U2 : 1.2D+1.6L
Comb U3 : 1.2D+1.0L+1.6WZ
Comb U4 : 1.2D+1.0L+1.6WX
Comb U5 : 1.2D+1.0L+1.0QZ
Comb U6 : 1.2D+1.0L+1.0QX
Comb U7 : 1.2D+1.0L+1.0QY
Comb U8 : 1.2D+1.0L+Qmz
Comb U9 : 1.2D+1.0L+Qmx
Comb U10 : 0.9D+Qmz
Comb U11 : 0.9D+Qmx

ASD:

Comb S1 : D
Comb S2 : D+L
Comb S3 : D+WZ
Comb S4 : D+WX
Comb S5 : D+0.8QZ
Comb S6 : D+0.8QX
Comb S7 : D+0.75L+0.75WZ
Comb S8 : D+0.75L+0.75WX
Comb S9 : D+0.75L+0.61QZ
Comb S10 : D+0.75L+0.61QX
Comb S11 : 0.9D+WZ
Comb S12 : 0.9D+WX
Comb S13 : 0.9D+0.8QZ
Comb S14 : 0.9D+0.8QX

Donde:

**D** : Carga Muerta (Se incluye por supuesto el peso de la estructura)

**L** : Carga Viva

**W** : Carga de Viento

**Q** : Carga de Sismo

**Q<sub>m</sub>** : Fuerza sísmica máxima estimada que puede desarrollarse en la estructura

**Q<sub>h</sub>** : Carga sísmica debida al cortante de base  $V = Q$

$$Q_m = \Omega_0 Q_h$$

Donde:

$\Omega_0$ : El factor de amplificación de la fuerza sísmica que se requiere para tener en cuenta la sobrerresistencia estructural, como se establece en la Sección 1630.3.1 del UBC 97

Se tiene el siguiente cuadro que define la correlación de sistemas estructurales y sus coeficientes y alturas límite:

TABLE 16-N—STRUCTURAL SYSTEMS<sup>1</sup>

BASIC STRUCTURAL SYSTEM <sup>2</sup>	LATERAL-FORCE-RESISTING SYSTEM DESCRIPTION	R	$\Omega_0$	HEIGHT LIMIT FOR SEISMIC ZONES 3 AND 4 (feet)
				× 304.8 for mm
1. Bearing wall system	1. Light-framed walls with shear panels			
	a. Wood structural panel walls for structures three stories or less	5.5	2.8	65
	b. All other light-framed walls	4.5	2.8	65
	2. Shear walls			
	a. Concrete	4.5	2.8	160
	b. Masonry	4.5	2.8	160
	3. Light steel-framed bearing walls with tension-only bracing	2.8	2.2	65
	4. Braced frames where bracing carries gravity load			
	a. Steel	4.4	2.2	160
	b. Concrete <sup>3</sup>	2.8	2.2	—
c. Heavy timber	2.8	2.2	65	
2. Building frame system	1. Steel eccentrically braced frame (EBF)	7.0	2.8	240
	2. Light-framed walls with shear panels			
	a. Wood structural panel walls for structures three stories or less	6.5	2.8	65
	b. All other light-framed walls	5.0	2.8	65
	3. Shear walls			
	a. Concrete	5.5	2.8	240
	b. Masonry	5.5	2.8	160
	4. Ordinary braced frames			
	a. Steel	5.6	2.2	160
	b. Concrete <sup>3</sup>	5.6	2.2	—
c. Heavy timber	5.6	2.2	65	
5. Special concentrically braced frames				
a. Steel	6.4	2.2	240	
3. Moment-resisting frame system	1. Special moment-resisting frame (SMRF)			
	a. Steel	8.5	2.8	N.L.
	b. Concrete <sup>4</sup>	8.5	2.8	N.L.
	2. Masonry moment-resisting wall frame (MMRWF)	6.5	2.8	160
	3. Concrete intermediate moment-resisting frame (IMRF) <sup>5</sup>	5.5	2.8	—
	4. Ordinary moment-resisting frame (OMRF)			
a. Steel <sup>6</sup>	4.5	2.8	160	
b. Concrete <sup>7</sup>	3.5	2.8	—	
5. Special truss moment frames of steel (STMF)	6.5	2.8	240	
4. Dual systems	1. Shear walls			
	a. Concrete with SMRF	8.5	2.8	N.L.
	b. Concrete with steel OMRF	4.2	2.8	160
	c. Concrete with concrete IMRF <sup>5</sup>	6.5	2.8	160
	d. Masonry with SMRF	5.5	2.8	160
	e. Masonry with steel OMRF	4.2	2.8	160
	f. Masonry with concrete IMRF <sup>5</sup>	4.2	2.8	—
	g. Masonry with masonry MMRWF	6.0	2.8	160
	2. Steel EBF			
	a. With steel SMRF	8.5	2.8	N.L.
	b. With steel OMRF	4.2	2.8	160
	3. Ordinary braced frames			
	a. Steel with steel SMRF	6.5	2.8	N.L.
	b. Steel with steel OMRF	4.2	2.8	160
	c. Concrete with concrete SMRF <sup>3</sup>	6.5	2.8	—
	d. Concrete with concrete IMRF <sup>5</sup>	4.2	2.8	—
	4. Special concentrically braced frames			
	a. Steel with steel SMRF	7.5	2.8	N.L.
b. Steel with steel OMRF	4.2	2.8	160	
5. Cantilevered column building systems	1. Cantilevered column elements	2.2	2.0	35 <sup>7</sup>
6. Shear wall-frame interaction systems	1. Concrete <sup>8</sup>	5.5	2.8	160
7. Undefined systems	See Sections 1629.6.7 and 1629.9.2	—	—	—

Conforme al documento:

MQ13-600-DC-5800-SS1200\_1

del ANEXO A

Ítem 2.1 - Sección G - Numeral 9

**Elección del Factor de Simplificación de Fuerza Sísmica:**

De acuerdo a la tabla 16-N del UBC97 se tiene:

Esta selección se debe a:

- Sistema estructural

1.00

- Descripción del sistema de fuerza resistente lateral 2,20 Elementos en Voladizo

- Material

- Conforme a esa correlación

→  $\alpha$  Acero  
 $\Omega_0 = 2$

Qhz =	2.686,49	Kgf
Qmz =	5.372,97	Kgf

Qhx =	3.129,66	Kgf
Qmx =	6.259,33	Kgf

Las especificaciones de diseño, se muestran a continuación:

Item	Value
1 Design Code	AISC 360-10
2 Multi-Response Case Design	Envelopes
3 Framing Type	OMF
4 Seismic Design Category	D
5 Importance Factor	1.
6 Design System Rho	1.
7 Design System Sds	0.5
8 Design System R	8.
9 Design System Omega0	3.
10 Design System Cd	5.5
11 Design Provision	LRFD
12 Analysis Method	Direct Analysis
13 Second Order Method	General 2nd Order
14 Stiffness Reduction Method	Tau-b Fixed
15 Phi(Bending)	0.9
16 Phi(Compression)	0.9
17 Phi(Tension-Yielding)	0.9
18 Phi(Tension-Fracture)	0.75
19 Phi(Shear)	0.9
20 Phi(Shear-Short Webed Rolled I)	1.
21 Phi(Torsion)	0.9
22 Ignore Seismic Code?	No
23 Ignore Special Seismic Load?	No

### 3.00 VERIFICACIÓN DE LOS DESPLAZAMIENTOS EN LA ESTRUCTURA

#### 3.01 VERIFICACIÓN DE LOS DESPLAZAMIENTOS LATERALES

Sismo en la dirección X - X

h1 = 12,00 m  
 Dx = 4,10 cm

Comb U6 : 1.2D+1.0L+1.0QX  
 R = 2,20

Se tiene que:  $\frac{0.7R_x D_s}{100} < 0.002h \rightarrow 0,063 \text{ m} < 0,024 \text{ m} \rightarrow$  **OK**

**Sismo en la dirección Z - Z**

$h1 = 12,00 \text{ m}$   
 $Dz = 4,29 \text{ cm}$

Comb U5: 1.2D+1.0L+1.0QZ  
 $R = 2,20$

Se tiene que:  $\frac{0.7R_z D_s}{100} < 0.002h \rightarrow 0,066 \text{ m} < 0,024 \text{ m} \rightarrow$  **OK**

**Viento en la dirección Z - Z**

$h1 = 12,00 \text{ m}$   
 $Dy = 1,63 \text{ cm}$

Comb S11: 0.9D+WZ  
 $R = -$

Se tiene que:  $\rightarrow 0,016 \text{ m} < 0,048 \text{ m} \rightarrow$  **OK**

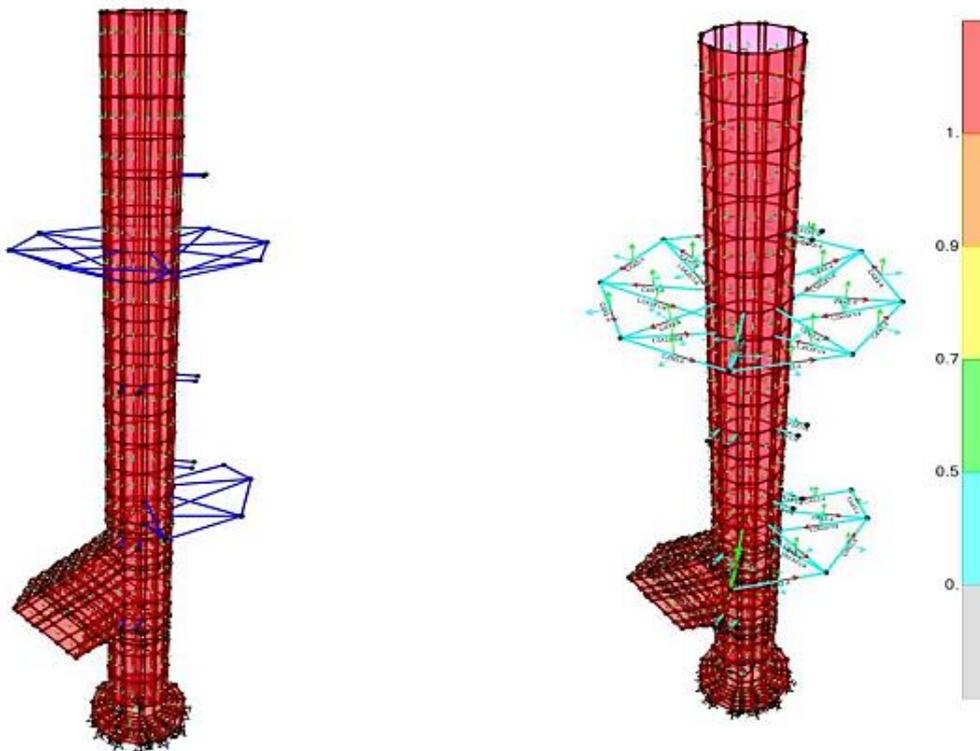
**Viento en la dirección X - X**

$h1 = 12,00 \text{ m}$   
 $Dx = 1,12 \text{ cm}$

Comb S12: 0.9D+WX  
 $R = -$

Se tiene que:  $\rightarrow 0,011 \text{ m} < 0,048 \text{ m} \rightarrow$  **OK**

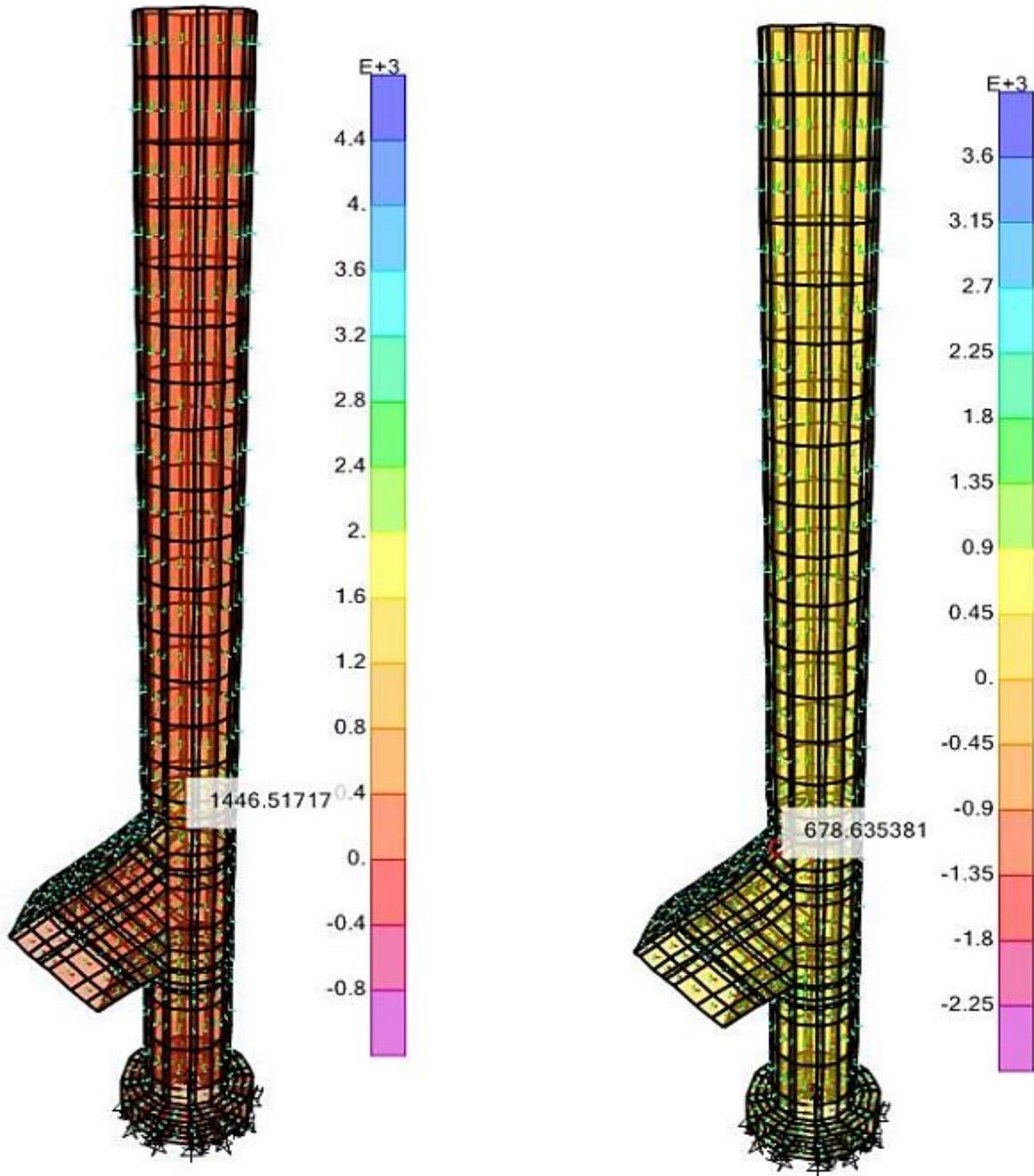
**4.00 VERIFICACIÓN DEL DISEÑO DE LA ESTRUCTURA**



Los ratios están dentro del diseño hipotético  
 Sólo habría que considerar atiesadores por aplastamiento en vigas

**OK!**

## 5.00 VERIFICACIÓN DEL ESPESOR DE LAS PLANCHAS DE ACERO



Esfuerzo S11 - Envolverte de cargas  
(kg/cm<sup>2</sup>)

Esfuerzo S22 - Envolverte de cargas  
(kg/cm<sup>2</sup>)

Los esfuerzos son menores a  $0.6 \times f_y = 148.8 \text{ MPa} = 1488 \text{ kg/cm}^2$

OKI

## 6.00 DISEÑO DE LOS ELEMENTOS

### a Viga Soporte

AISC 360-10 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)  
Units : Kgf, m, C

Frame : 109 X Mid: -0.958 Combo: U8 Design Type: Beam  
Length: 1.173 Y Mid: -0.397 Shape: C4X5.4 Frame Type: OMF  
Loc : 0. Z Mid: 5. Class: Seismic HD Princpl Rot: 0. degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis  
D/C Limit=1. 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed  
AlphaPr/Py=0.017 AlphaPr/Pe=0.024 Tau\_b=1. EA factor=0.8 EI factor=0.8  
Ignore Seismic Code? No Ignore Special EQ Load? No D/P Plug Welded? Yes

SDC: D I=1. Rho=1. Sds=0.5  
R=8. Omega0=3. Cd=5.5  
PhiB=0.9 PhiC=0.9 PhiTY=0.9 PhiTF=0.75  
PhiS=0.9 PhiS-RI=1. PhiST=0.9

A=0.001 I33=1.602E-06 r33=0.04 S33=3.155E-05 Av3=6.035E-04  
J=0. I22=0. r22=0.011 S22=4.553E-06 Av2=4.748E-04  
E=2.039E+10 Fy=26310506.54 Ry=1.5 z33=3.753E-05 Cv=0.  
RLLF=1. Fu=40778038.3 z22=9.259E-06

#### STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo U8)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0.	449.87	0.292	-97.14	-106.923	-117.126	-3.785

#### PMI DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.2, H1-1b)

D/C Ratio: 0.595 = 0.01 + 0. + 0.585  
= (1/2) (Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

#### AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1.2, H1-1b)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1.	1.	1.	1.	1.	1.
Minor Bending	1.	1.	1.	1.	1.	1.

	Ltbb	Kltb	Cb
LTB	1.	1.	1.998

	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity
Axial	449.87	13150.563	23220.303

	Mu Moment	phi*Mn Capacity	phi*Mn No LTB	phi*Mn Cb=1
Major Moment	0.292	854.83	854.83	778.157
Minor Moment	-97.14	165.935		

#### SHEAR CHECK

	Vu Force	phi*Vn Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major Shear	106.923	6489.927	0.016	OK
Minor Shear	117.126	8247.852	0.014	OK

#### CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	-215.106	222.595

### b Arrioste

AISC 360-10 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)  
Units : Kgf, cm, C

Frame : 63 X Mid: -95.815 Combo: U8.1 Design Type: Brace  
Length: 124.592 Y Mid: -39.688 Shape: L3X3X1/4 Frame Type: OMF  
Loc : 124.592 Z Mid: 479. Class: Compact Princpl Rot: 45. degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis  
 D/C Limit=1. 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed  
 AlphaPr/Dy=0.007 AlphaPr/De=0.006 Tau\_b=1. EA factor=0.8 EI factor=0.8  
 Ignore Seismic Code? No Ignore Special EQ Load? No D/P Plug Welded? Yes

SDC: D I=1. Rho=1. Sds=0.5  
 R=8. Omega0=3. Cd=5.5  
 PhiS=0.9 PhiC=0.9 PhiTY=0.9 PhiTF=0.75  
 PhiS=0.9 PhiS-RI=1. PhiST=0.9  
 A=9.29 I33=51.196 r33=2.347 S33=9.314 Av3=4.839  
 J=1.303 I22=51.196 r22=2.347 S22=9.314 Av2=4.839  
 Ixy=-30.793 Imax=81.99 xmax=2.971 Smax=15.217  
 Rot= 45. deg Imin=20.403 xmin=1.482 Smin=6.755  
 E=2038901.916 Fy=2531.051 Ry=1.5 z33=16.715  
 RLLF=1. Pu=4077.804 z22=16.715

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo US.1)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
124.592	-162.193	-347.051	-11164.923	-12.227	87.792	18.767

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H2-1)

D/C Ratio: 0.556 = 0.011 + 0.214 + 0.331  
 = fa/Fa + fbw/Fbw + fbz/Fbz

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H2-1)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1.	1.	1.	1.	1.	1.
Minor Bending	1.	1.	1.	1.	1.	1.

	Lltb	Kltb	Cb
LTB	1.	1.	1.

	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity
Axial	-162.193	14587.219	21162.808

	Mu Moment	phi*Mn Capacity	phi*Mn No LTB	phi*Mn Cb=1
Major Moment	-8140.195	38075.416	38075.416	47594.135
Minor Moment	-7649.391	23079.634		

SHEAR CHECK

	Vu Force	phi*Vn Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major Shear	12.227	6613.377	0.002	OK
Minor Shear	87.792	6613.377	0.013	OK

BRACE MAXIMUM AXIAL LOADS

	P Comp	P Tens
Axial	-162.193	0.

7.00 RESUMEN DE ELEMENTOS

1,00 Viga Soporte	VS	C4x5.4
2,00 Arriostres	AR	L3x3x1/4
3,00 Plancha de chimenea	PC	6 mm
4,00 Plancha base	PB	25 mm
5,00 Pernos de anclaje	PA	12 pernos de 1 1/2"

## 8,00 VERIFICACIÓN DE PERNOS DE ANCLAJE

Diámetro de ubicación de los pernos	=	1,485	m	
Número de pernos	=	12		
Diámetro de los pernos	=	1 1/2	"	
Tipo de acero	=	Dúctil - ASTM F1554 Grado 36		
Esfuerzo a la fluencia - fy	=	2480	kgf/cm <sup>2</sup>	
Esfuerzo a la rotura - fu	=	4000	kgf/cm <sup>2</sup>	
f <sub>uía</sub> = mínimo (1.9 x fy, 8600 kgf/cm <sup>2</sup> )	=	3930	kgf/cm <sup>2</sup>	
φ - acero en tracción	=	0,75	Factor de reducción	
φ - acero en corte	=	0,65	Factor de reducción	
Área efectiva del perno Ase	=	11,4	cm <sup>2</sup>	
Nu - fuerza de tracción máxima	=	5.259,75	kgf	Solo viento
Vu - fuerza de corte máxima	=	6.259,33	kgf	Solo sismo máximo

### Resistencia a tracción del acero del anclaje φNsa

φ x Nsa = φ x Ase x f <sub>uía</sub>	=	33601,5	kgf	Resistencia por perno
Na = Nu / 6	=	876,62	kgf	carga actuante por perno
φ x Nsa	>	Na		<b>OK</b>

### Resistencia a tracción del acero del anclaje φNsa

Se considera grout de nivelación

φ x Vsa = 0.8 x 0.6 x φ x Ase x f <sub>uía</sub>	=	13978,22	kgf	Resistencia por perno
Va = Vu / 6	=	1043,23	kgf	carga actuante por perno
φ x Vsa	>	Va		<b>OK</b>

## 9,00 VERIFICACIÓN DE PLANCHA BASE

Momento último sobre la placa base	=	7.810,73	kgf-m	Mu
Fuerza de compresión última	=	10.906,82	kgf	Pu
φ	=	0,9	Factor de reducción a flexión	
φ	=	0,65	Factor de reducción a compresión	
l	=	23	cm	
BN - brida de anclaje	=	10599,73	cm <sup>2</sup> - Área de apoyo	

### Espesor mínimo de por cargas de compresión

t <sub>min</sub> = l x ( 2 x Pu / (φ x fy x BN) ) <sup>0.5</sup>	=	0,83	cm	<b>OK</b>
--	---	------	----	-----------

### Espesor mínimo de por cargas de tensión

b <sub>eff</sub> = Diámetro exterior	=	92,5	cm	
--------------------------------------	---	------	----	--

$$t_{\min} = (4 \times Mu / (\phi \times fy \times beff))^{0.5} = 3,9 \text{ cm}$$

Se requiere una plancha inferior y una plancha superior de 2.54 cm.

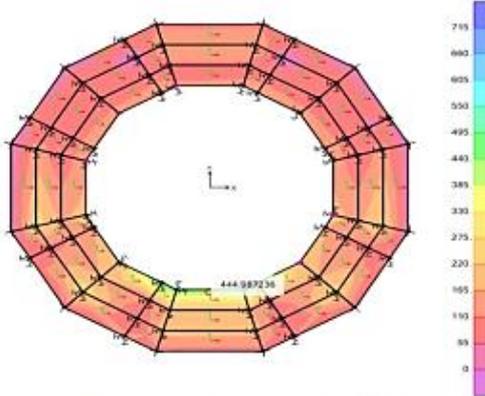
$$M11 = 230 \text{ kgf-m/m}$$

$$M22 = 450 \text{ kgf-m/m}$$

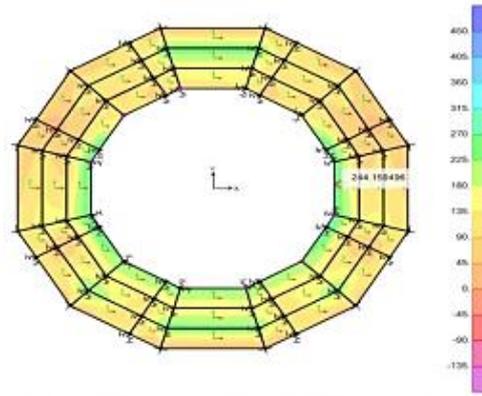
$$Mu = \text{Max} (M11, M22) = 450 \text{ kgf-m/m}$$

$$t_{\min} = (4 \times Mu / (\phi \times fy))^{0.5} = 0,9 \text{ cm}$$

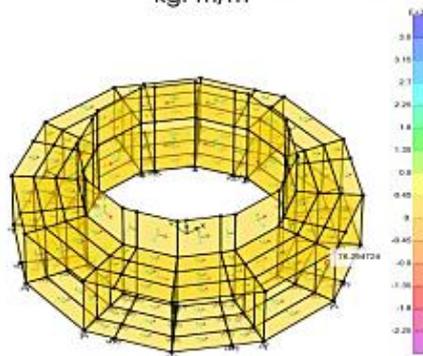
**OK**



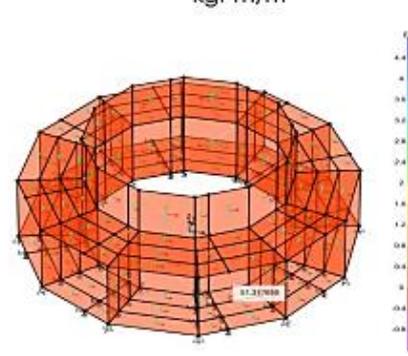
M11 - Envoltente de cargas últimas  
kgf-m/m



M22 - Envoltente de cargas últimas  
kgf-m/m



Esfuerzo S11 - Envoltente de cargas  
(kg/cm²)

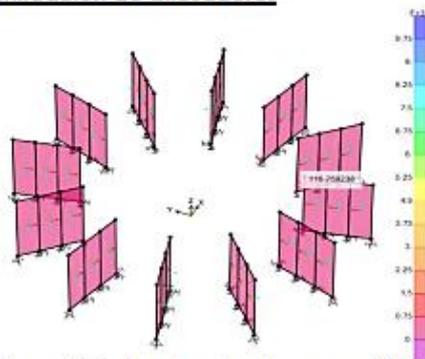


Esfuerzo S22 - Envoltente de cargas  
(kg/cm²)

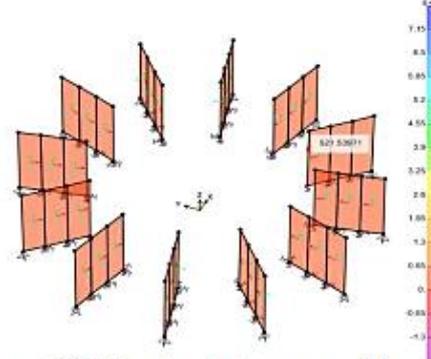
Los esfuerzos son menores a  $0.6 \times fy = 148.8 \text{ MPa} = 1488 \text{ kg/cm}^2$

**Verificación de atiesadores**

**OK!**



Esfuerzo S11 - Envoltente de cargas últimas  
(kg/cm²)



Esfuerzo S22 - Envoltente de cargas últimas  
(kg/cm²)

Los esfuerzos son menores a  $0.9 \times fy = 223.2 \text{ MPa} = 2232 \text{ kg/cm}^2$

**OK!**

## 10.00 VERIFICACIÓN DE EFECTO DE VÓRTICE

La diferencia entre la frecuencia del vórtice ( $v_f$ ) y cualquiera de las frecuencias de las estructuras deberá ser mayor a 20%.

$$V_f = S \times V / D \quad (\text{ciclos/s})$$

Dónde: S = Número de "Strouhal", el cual depende del número de Reynolds  
V = Velocidad crítica del viento sobre la estructura (m/s)  
D = Diámetro de la estructura (m)

$$S = 0,2 \quad \text{Viento en flujo laminar}$$

$$V = 27,778 \quad \text{m/s}$$

$$D = 0,925 \quad \text{m}$$

$$v_f = 6,01 \quad 1/s$$

Frecuencia de la chimenea

$$F_z = 1 / T_z = 1,097 \quad 1/s$$

$$F_x = 1 / T_y = 0,942 \quad 1/s$$

( máximo (  $F_z$  ,  $F_x$  ) ) /  $v_f$  deberá estar fuera del intervalor [0.8 - 1.2]

OK!

## 11.00 CONCLUSIONES

**11.01** El peso de los elementos estructurales del modelado se ha incrementado por un factor de 1.4 que influirá en el análisis sísmico estático.

**11.02** Para la carga del viento, el diseño es del UBC 97 con una velocidad de 100 Km/h.

**11.03** Para las condiciones sísmicas se ha utilizado la norma UBC 97.

**11.04** Las combinaciones de carga están expuestas bajo la normativa **ASCE 7-10** como parte clave del código de construcción del **LRFD**.

**11.05** El código de diseño en el análisis es el del **AISC-10**, cuyas fórmulas empleadas son las siguientes:

- Para los elementos el programa considera los estados límites del estado de pandeo

local del alma como:

$$h/t_w < \lambda_p$$

(\*) Donde  $\lambda_p$  es el factor limitante de la proporción ancho-espesor.

- Para los elementos el programa considera los estados límites del estado de pandeo

local del ala como:

$$b_f/2t_f < \lambda_p$$

- Para las columnas se verificó la consideración de esbeltez de acuerdo al AISC 341-10

como:

$$KL/r_t < 200$$

- Para el análisis de los arriostres se utiliza el siguiente ratio:

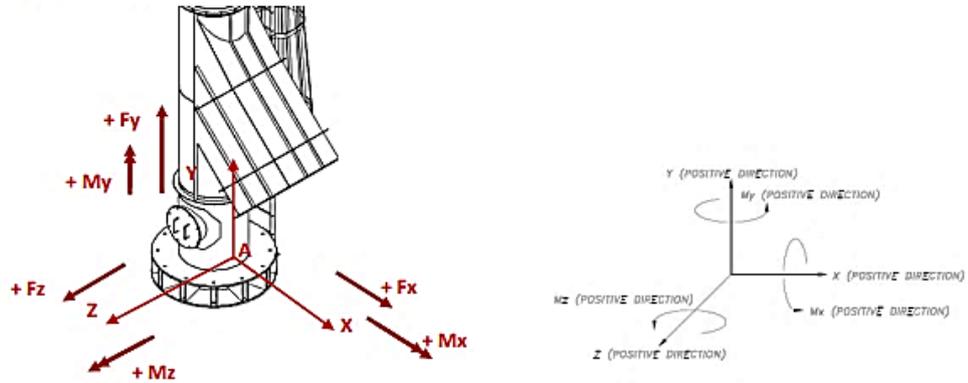
$$\frac{f_{ra}}{F_{ca}} + \frac{f_{rbw}}{F_{cbw}} + \frac{f_{rbz}}{F_{cbz}} < 1$$

- Para el análisis de las vigas se utiliza el siguiente ratio:

$$\frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{M_{UX}}{\phi M_{nx}} + \frac{M_{UY}}{\phi M_{ny}} < 1$$

**11.06** Se verifica que los pernos de anclaje propuestos de 1 1/2 " cumplen con los requisitos de resistencia.

11,07 Ejes globales para las cargas en la base de la chimenea:



Resumen de cargas en la base de la chimenea:

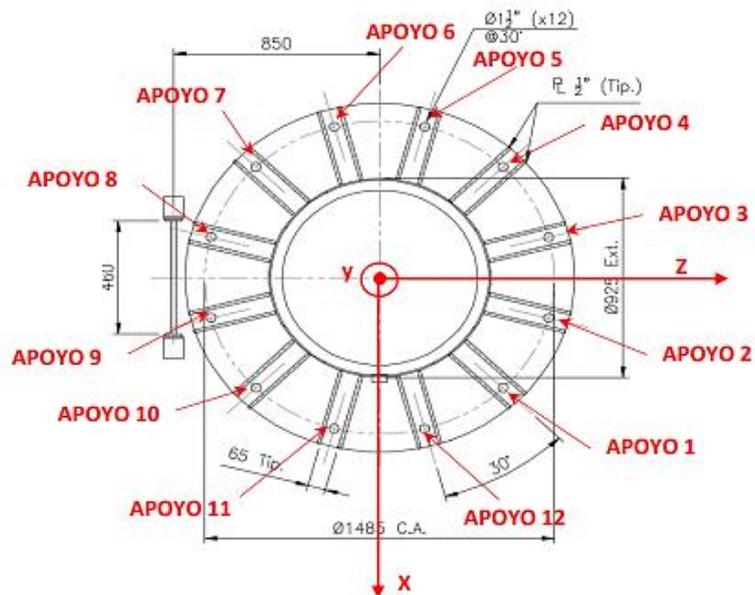
Soporte	Carga muerta						Carga viva					
	Fuerzas (kgf)			Momentos (kgf-m)			Fuerzas (kgf)			Momentos (kgf-m)		
	Horizontal	Vertical		Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y
A	0.00	0.00	-6712.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1782.50	0.00	0.00	0.00

Soporte	Viento											
	Dirección Z - horizontal						Dirección X - horizontal					
	Fuerzas (kgf)			Momentos (kgf-m)			Fuerzas (kgf)			Momentos (kgf-m)		
	Horizontal	Vertical		Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y
A	813.62	0.00	0.00	0.00	-4881.70	0.00	0.00	703.35	0.00	4220.09	0.00	0.00

Soporte	Sismo													
	Dirección Z - horizontal						Dirección X - horizontal						Dirección Y Vertical	
	Fuerzas (kgf)			Momentos (kgf-m)			Fuerzas (kgf)			Momentos (kgf-m)			Fuerza (kgf)	
	Horizontal	Vertical		Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Y	Y
	A	2686.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3129.66	0.00	0.00	0.00	0.00	1587.47

Soporte	Sismo máximo													
	Dirección Z - horizontal						Dirección X - horizontal						Dirección Y Vertical	
	Fuerzas (kgf)			Momentos (kgf-m)			Fuerzas (kgf)			Momentos (kgf-m)			Fuerza (kgf)	
	Horizontal	Vertical		Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Y	Y
	A	5372.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6259.32	0.00	0.00	0.00	0.00	3174.94

11,08 Cargas por pernos



<b>APOYO</b> <b>1</b>	Horizontal		Vertical
	Fx (kgf)	Fz (kgf)	Fy (kgf)
Carga Muerta	0	0	-559,37
Carga Viva	0	0	-148,55
Carga Viento - X	58,62	0	-473,64
Carga Viento - Z	0	67,81	-547,9
Sismo - X	260,81	0	0
Sismo - Z	0	223,88	0
Sismo - Y	0	0	132,29
Sismo máximo - X	521,62	0	0
Sismo máximo - Z	0	447,76	0
Sismo máximo - Y	0	0	264,58

<b>APOYO</b> <b>2</b>	Horizontal		Vertical
	Fx (kgf)	Fz (kgf)	Fy (kgf)
Carga Muerta	0	0	-559,37
Carga Viva	0	0	-148,55
Carga Viento - X	58,62	0	-473,64
Carga Viento - Z	0	67,81	-547,9
Sismo - X	260,81	0	0
Sismo - Z	0	223,88	0
Sismo - Y	0	0	132,29
Sismo máximo - X	521,62	0	0
Sismo máximo - Z	0	447,76	0
Sismo máximo - Y	0	0	264,58

<b>APOYO</b> <b>3</b>	Horizontal		Vertical
	Fx (kgf)	Fz (kgf)	Fy (kgf)
Carga Muerta	0	0	-559,37
Carga Viva	0	0	-148,55
Carga Viento - X	58,62	0	473,64
Carga Viento - Z	0	67,81	-547,9
Sismo - X	260,81	0	0
Sismo - Z	0	223,88	0
Sismo - Y	0	0	132,29
Sismo máximo - X	521,62	0	0
Sismo máximo - Z	0	447,76	0
Sismo máximo - Y	0	0	264,58

<b>APOYO</b> <b>4</b>	Horizontal		Vertical
	Fx (kgf)	Fz (kgf)	Fy (kgf)
Carga Muerta	0	0	-559,37
Carga Viva	0	0	-148,55
Carga Viento - X	58,62	0	473,64
Carga Viento - Z	0	67,81	-547,9
Sismo - X	260,81	0	0
Sismo - Z	0	223,88	0
Sismo - Y	0	0	132,29
Sismo máximo - X	521,62	0	0
Sismo máximo - Z	0	447,76	0
Sismo máximo - Y	0	0	264,58

<b>APOYO</b>	Horizontal		Vertical
	Fx (kgf)	Fz (kgf)	Fy (kgf)
<b>5</b>			
Carga Muerta	0	0	-559,37
Carga Viva	0	0	-148,55
Carga Viento - X	58,62	0	473,64
Carga Viento - Z	0	67,81	-547,9
Sismo - X	260,81	0	0
Sismo - Z	0	223,88	0
Sismo - Y	0	0	132,29
Sismo máximo - X	521,62	0	0
Sismo máximo - Z	0	447,76	0
Sismo máximo - Y	0	0	264,58

<b>APOYO</b>	Horizontal		Vertical
	Fx (kgf)	Fz (kgf)	Fy (kgf)
<b>6</b>			
Carga Muerta	0	0	-559,37
Carga Viva	0	0	-148,55
Carga Viento - X	58,62	0	473,64
Carga Viento - Z	0	67,81	547,9
Sismo - X	260,81	0	0
Sismo - Z	0	223,88	0
Sismo - Y	0	0	132,29
Sismo máximo - X	521,62	0	0
Sismo máximo - Z	0	447,76	0
Sismo máximo - Y	0	0	264,58

<b>APOYO</b>	Horizontal		Vertical
	Fx (kgf)	Fz (kgf)	Fy (kgf)
<b>7</b>			
Carga Muerta	0	0	-559,37
Carga Viva	0	0	-148,55
Carga Viento - X	58,62	0	473,64
Carga Viento - Z	0	67,81	547,9
Sismo - X	260,81	0	0
Sismo - Z	0	223,88	0
Sismo - Y	0	0	132,29
Sismo máximo - X	521,62	0	0
Sismo máximo - Z	0	447,76	0
Sismo máximo - Y	0	0	264,58

<b>APOYO</b>	Horizontal		Vertical
	Fx (kgf)	Fz (kgf)	Fy (kgf)
<b>8</b>			
Carga Muerta	0	0	-559,37
Carga Viva	0	0	-148,55
Carga Viento - X	58,62	0	473,64
Carga Viento - Z	0	67,81	547,9
Sismo - X	260,81	0	0
Sismo - Z	0	223,88	0
Sismo - Y	0	0	132,29
Sismo máximo - X	521,62	0	0
Sismo máximo - Z	0	447,76	0
Sismo máximo - Y	0	0	264,58

<b>APOYO</b>	Horizontal		Vertical
<b>9</b>	Fx (kgf)	Fz (kgf)	Fy (kgf)
Carga Muerta	0	0	-559,37
Carga Viva	0	0	-148,55
Carga Viento - X	58,62	0	-473,64
Carga Viento - Z	0	67,81	547,9
Sismo - X	260,81	0	0
Sismo - Z	0	223,88	0
Sismo - Y	0	0	132,29
Sismo máximo - X	521,62	0	0
Sismo máximo - Z	0	447,76	0
Sismo máximo - Y	0	0	264,58

<b>APOYO</b>	Horizontal		Vertical
<b>10</b>	Fx (kgf)	Fz (kgf)	Fy (kgf)
Carga Muerta	0	0	-559,37
Carga Viva	0	0	-148,55
Carga Viento - X	58,62	0	-473,64
Carga Viento - Z	0	67,81	547,9
Sismo - X	260,81	0	0
Sismo - Z	0	223,88	0
Sismo - Y	0	0	132,29
Sismo máximo - X	521,62	0	0
Sismo máximo - Z	0	447,76	0
Sismo máximo - Y	0	0	264,58

<b>APOYO</b>	Horizontal		Vertical
<b>11</b>	Fx (kgf)	Fz (kgf)	Fy (kgf)
Carga Muerta	0	0	-559,37
Carga Viva	0	0	-148,55
Carga Viento - X	58,62	0	-473,64
Carga Viento - Z	0	67,81	547,9
Sismo - X	260,81	0	0
Sismo - Z	0	223,88	0
Sismo - Y	0	0	132,29
Sismo máximo - X	521,62	0	0
Sismo máximo - Z	0	447,76	0
Sismo máximo - Y	0	0	264,58

<b>APOYO</b>	Horizontal		Vertical
<b>12</b>	Fx (kgf)	Fz (kgf)	Fy (kgf)
Carga Muerta	0	0	-559,37
Carga Viva	0	0	-148,55
Carga Viento - X	58,62	0	-473,64
Carga Viento - Z	0	67,81	-547,9
Sismo - X	260,81	0	0
Sismo - Z	0	223,88	0
Sismo - Y	0	0	132,29
Sismo máximo - X	521,62	0	0
Sismo máximo - Z	0	447,76	0
Sismo máximo - Y	0	0	264,58

**Donaldson**  
**Torit®**

**FT PULSE JET BAGHOUSE  
DUST COLLECTORS**

MODELS FTD (Without Walk-In Plenum)  
and FTP (Walk-In Plenum)

**DURA-LIFE™**  
Twice The Life Filter Bags



**144FTD6**  
Without Walk-In Plenum



**144FTP8**  
Walk-In Plenum

Easy and dependable operation for high-volume dust collection applications.

- Clean side bag removal provides easier bag filter service
- Optional walk-in plenum allows for bag filter servicing in adverse weather conditions (FTP)
- All welded construction provides increased durability and air/water integrity
- Integral fan option helps to reduce space requirements
- Unique cleaning system minimizes moisture and particulate issues in pulse valves
- Collectors with up to 225 bag filters require only one dirty air inlet, one clean air outlet, and one hopper, resulting in reduced ducting and hopper outlet costs

## DURA-LIFE™ BAG FILTERS — A BREAKTHROUGH FOR BAG USERS.

Dura-Life™ polyester bag filter media is engineered with a unique hydroentanglement process that uses water to blend the fibers, which creates a filter bag that has smaller pores, better surface loading and better cleaning. For this reason, Dura-Life™ bag filters provide:

- Two to three times longer bag filter life
- Fan energy savings due to lower pressure drop
- Reduced maintenance and replacement bag filter costs due to fewer bag changeouts
- Thirty percent fewer emissions based on EPA tests



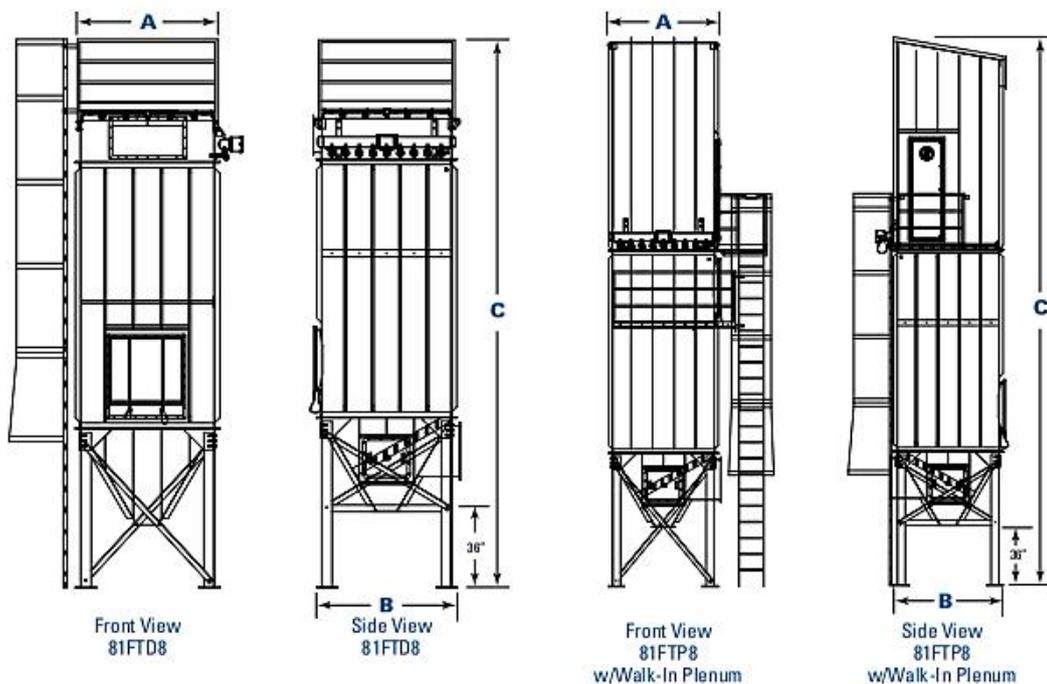
**Dura-Life™ Bag-Clean Air Side**  
(300x)



**Polyester Bag-Clean Air Side**  
(300x)

These photos were taken with a scanning electron microscope of bag media used in a collector that was filtering fly ash. The bags were removed after 2,700 hours of use. Air-to-media ratio was 4.5 to 1. Pressure drop after 2,700 hours of operation was 6 inches (152.4 millimeters) on polyester bags and 2 inches (50.8 millimeters) on Dura-Life™.

## DIMENSIONS & SPECIFICATIONS



# DIMENSIONS & SPECIFICATIONS

Model	Nominal Airflow Range*		Cloth Area		Length of Bag Filters		FTD Shipping Weight		FTP Shipping Weight		FTD Dimensions						FTP Dimensions							
	cfm	m³/h	ft²	m²	ft	m	lb	kg	lb	kg	FTD Dimensions			FTP Dimensions			FTP Dimensions							
											A	B	C	A	B	C	A	B	C					
											in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm		
9FT4	240 - 600	408 - 1,019	60	5.6	4	1.2	1,300	589.7	—	—	30	762.0	30	762.0	163	762.0	—	—	—	—	—	—	—	—
9FT6	360 - 900	612 - 1,529	90	8.4	6	1.8	1,400	635.0	—	—	30	762.0	30	762.0	187	762.0	—	—	—	—	—	—	—	—
9FT8	480 - 1,200	815 - 2,038	120	11.1	8	2.4	1,500	680.4	—	—	30	762.0	30	762.0	211	762.0	—	—	—	—	—	—	—	—
16FT4	428 - 1,070	727 - 1,818	107	9.9	4	1.2	1,600	725.7	—	—	38	965.2	38	965.2	170	965.2	—	—	—	—	—	—	—	—
16FT6	640 - 1,600	1,087 - 2,718	160	14.9	6	1.8	1,800	816.5	—	—	38	965.2	38	965.2	194	965.2	—	—	—	—	—	—	—	—
16FT8	852 - 2,130	1,447 - 3,618	213	19.8	8	2.4	1,900	861.8	—	—	38	965.2	38	965.2	218	965.2	—	—	—	—	—	—	—	—
25FT4	688 - 1,670	1,169 - 2,837	167	15.5	4	1.2	1,900	861.8	—	—	46	1168.4	46	1168.4	177	1168.4	—	—	—	—	—	—	—	—
25FT6	1,000 - 2,500	1,699 - 4,247	250	23.2	6	1.8	2,100	952.5	—	—	46	1168.4	46	1168.4	201	1168.4	—	—	—	—	—	—	—	—
25FT8	1,322 - 3,330	2,246 - 5,657	333	30.9	8	2.4	2,300	1043.3	—	—	46	1168.4	46	1168.4	225	1168.4	—	—	—	—	—	—	—	—
36FT4	960 - 2,400	1,631 - 4,077	240	22.3	4	1.2	2,200	997.9	—	—	54	1371.6	54	1371.6	184	1371.6	—	—	—	—	—	—	—	—
36FT6	1,440 - 3,600	2,446 - 6,115	360	33.4	6	1.8	2,400	1088.6	—	—	54	1371.6	54	1371.6	208	1371.6	—	—	—	—	—	—	—	—
36FT8	1,920 - 4,800	3,261 - 8,154	480	44.6	8	2.4	2,700	1224.7	—	—	54	1371.6	54	1371.6	232	1371.6	—	—	—	—	—	—	—	—
49FT4	1,308 - 3,270	2,222 - 5,555	327	30.4	4	1.2	2,600	1179.3	—	—	62	1574.8	62	1574.8	191	1574.8	—	—	—	—	—	—	—	—
49FT6	1,960 - 4,900	3,329 - 8,323	490	45.5	6	1.8	2,900	1315.4	—	—	62	1574.8	62	1574.8	215	1574.8	—	—	—	—	—	—	—	—
49FT8	2,612 - 6,530	4,437 - 11,092	653	60.7	8	2.4	3,200	1451.5	—	—	62	1574.8	62	1574.8	239	1574.8	—	—	—	—	—	—	—	—
64FT6	2,560 - 6,400	4,349 - 10,871	640	59.5	6	1.8	3,400	1542.2	—	—	70	1778.0	70	1778.0	222	1778.0	—	—	—	—	—	—	—	—
64FT8	3,412 - 8,530	5,796 - 14,489	853	79.2	8	2.4	3,800	1723.7	—	—	70	1778.0	70	1778.0	246	1778.0	—	—	—	—	—	—	—	—
64FT10	4,264 - 10,660	7,243 - 18,108	1066	99.0	10	3.0	4,100	1859.7	—	—	70	1778.0	70	1778.0	271	1778.0	—	—	—	—	—	—	—	—
81FT8	4,320 - 10,800	7,338 - 18,345	1080	100.3	8	2.4	5,750	2608.2	6,750	3061.7	82	2082.8	82	2082.8	265	2082.8	82	2082.8	82	2082.8	82	2082.8	304.1	7724.1
81FT10	5,400 - 13,500	9,173 - 22,932	1350	125.4	10	3.0	6,250	2835.0	7,500	3401.9	82	2082.8	82	2082.8	289	2082.8	82	2082.8	82	2082.8	82	2082.8	352.1	8943.3
81FT12	6,480 - 16,200	11,007 - 27,518	1620	150.5	12	3.7	6,750	3061.7	8,250	3742.1	82	2082.8	82	2082.8	313	2082.8	82	2082.8	82	2082.8	82	2082.8	400.1	10162.5
100FT8	5,332 - 13,330	9,057 - 22,643	1333	123.8	8	2.4	6,500	2948.4	7,500	3401.9	90	2286.0	90	2286.0	272	2286.0	90	2286.0	90	2286.0	90	2286.0	317.5	8064.5
100FT10	6,668 - 16,670	11,327 - 28,316	1667	154.9	10	3.0	7,000	3175.1	8,500	3855.5	90	2286.0	90	2286.0	296	2286.0	90	2286.0	90	2286.0	90	2286.0	365.5	9283.7
100FT12	8,000 - 20,000	13,589 - 33,973	2000	185.8	12	3.7	7,500	3401.9	9,250	4195.7	90	2286.0	90	2286.0	320	2286.0	90	2286.0	90	2286.0	90	2286.0	413.5	10502.9
121FT8	6,452 - 16,130	10,960 - 27,399	1613	149.8	8	2.4	7,500	3401.9	8,750	3968.9	98	2489.2	98	2489.2	280	2489.2	98	2489.2	98	2489.2	98	2489.2	324.6	8244.8
121FT10	8,068 - 20,170	13,705 - 34,262	2017	187.4	10	3.0	8,250	3742.1	9,750	4422.5	98	2489.2	98	2489.2	304	2489.2	98	2489.2	98	2489.2	98	2489.2	372.6	9464.0
121FT12	9,680 - 24,200	16,443 - 41,107	2420	224.8	12	3.7	8,750	3968.9	10,750	4876.1	98	2489.2	98	2489.2	328	2489.2	98	2489.2	98	2489.2	98	2489.2	420.6	10683.2
144FT8	7,680 - 19,200	13,046 - 32,614	1920	178.4	8	2.4	8,250	3742.1	9,750	4422.5	106	2692.4	106	2692.4	287	2692.4	106	2692.4	106	2692.4	106	2692.4	329.6	8371.8
144FT10	9,600 - 24,000	16,307 - 40,768	2400	223.0	10	3.0	9,000	4082.3	11,000	4989.5	106	2692.4	106	2692.4	311	2692.4	106	2692.4	106	2692.4	106	2692.4	377.6	9591.0
144FT12	11,520 - 28,800	19,568 - 48,921	2880	267.6	12	3.7	9,750	4422.5	12,000	5443.1	106	2692.4	106	2692.4	335	2692.4	106	2692.4	106	2692.4	106	2692.4	425.6	10810.2
169FT8	9,012 - 22,530	15,308 - 38,271	2253	209.3	8	2.4	9,250	4195.7	10,750	4876.1	114	2895.6	114	2895.6	294	2895.6	114	2895.6	114	2895.6	114	2895.6	342.9	8709.7
169FT10	11,268 - 28,170	19,140 - 47,851	2817	261.7	10	3.0	10,000	4535.9	12,000	5443.1	114	2895.6	114	2895.6	318	2895.6	114	2895.6	114	2895.6	114	2895.6	390.9	9928.9
169FT12	13,520 - 33,800	22,966 - 57,414	3380	314.0	12	3.7	11,000	4989.5	13,500	6123.5	114	2895.6	114	2895.6	342	2895.6	114	2895.6	114	2895.6	114	2895.6	438.9	11148.1
196FT8	10,452 - 26,130	17,754 - 44,386	2613	242.7	8	2.4	10,250	4649.3	11,750	5329.7	122	3098.8	122	3098.8	301	3098.8	122	3098.8	122	3098.8	122	3098.8	349.8	8884.9
196FT10	13,068 - 32,670	22,198 - 55,495	3267	303.5	10	3.0	11,000	4989.5	13,250	6010.1	122	3098.8	122	3098.8	325	3098.8	122	3098.8	122	3098.8	122	3098.8	397.8	10104.1
196FT12	15,680 - 39,200	26,635 - 66,587	3920	364.2	12	3.7	12,000	5443.1	10,000	4535.9	122	3098.8	122	3098.8	349	3098.8	122	3098.8	122	3098.8	122	3098.8	445.8	11323.3
225FT8	12,000 - 30,000	20,384 - 50,960	3000	278.7	8	2.4	11,250	5102.9	13,500	6123.5	130	3302.0	130	3302.0	308	3302.0	130	3302.0	130	3302.0	130	3302.0	358.2	9098.3
225FT10	15,000 - 37,500	25,480 - 63,699	3750	348.4	10	3.0	12,250	5565.5	15,000	6803.9	130	3302.0	130	3302.0	332	3302.0	130	3302.0	130	3302.0	130	3302.0	406.2	10317.5
225FT12	18,000 - 45,000	30,576 - 76,439	4500	418.1	12	3.7	13,250	6010.1	16,500	7484.3	130	3302.0	130	3302.0	356	3302.0	130	3302.0	130	3302.0	130	3302.0	454.2	11536.7
252FT8	13,440 - 33,600	22,830 - 57,075	3360	312.1	8	2.4	15,000	6803.9	17,500	7937.9	122	3098.8	168	3098.8	311.3	3098.8	122	3098.8	168	4267.2	361.1	9171.9		
252FT10	16,800 - 42,000	28,537 - 71,343	4200	390.2	10	3.0	16,000	7257.5	19,000	8618.3	122	3098.8	168	3098.8	335.3	3098.8	122	3098.8	168	4267.2	409.1	10391.1		
252FT12	20,160 - 50,400	34,245 - 85,612	5040	468.2	12	3.7	17,000	7711.1	20,500	9298.8	122	3098.8	168	3098.8	359.3	3098.8	122	3098.8	168	4267.2	457.1	11610.3		
336FT8	17,920 - 44,800	30,440 - 76,100	4480	416.2	8	2.4	18,200	8255.4	21,200	9616.2	122	3098.8	224	3098.8	311.3	3098.8	122	3098.8	224	5689.6	361.1	9171.9		
336FT10	22,400 - 56,000	38,050 - 95,124	5600	520.2	10	3.0	19,700	8935.8	23,200	10523.3	122	3098.8	224	3098.8	335.3	3098.8	122	3098.8	224	5689.6	409.1	10391.1		
336FT12	26,880 - 67,200	45,660 - 114,149	6720	624.3	12	3.7	21,200	9616.2	25,200	11430.5	122	3098.8	224	3098.8	359.3	3098.8	122	3098.8	224	5689.6	457.1	11610.3		

\* Based on clean bag filters.

## STANDARD FEATURES & AVAILABLE OPTIONS

Collector Design		Std	Opt	Hopper Design		Std	Opt
Clean-Side Bag Removal		X		60° Pyramid Hopper		X	
All-Welded, Carbon Steel Construction, 12 Gauge		X		Flanged Dirty Air Inlet		X	
Heavy-Duty 3/16-in (4 4/5-mm) Plate Tubesheet		X		Inlet Deflector		X	
Rated 17-inch (431.8-Millimeter) Water Gauge		X		Flanged Hopper Discharge		X	
Compressed Air Manifold with Drain		X		Hopper Access Panel		X	
Flanged Clean Air Outlet		X		Coupling for High Level Indicator		X	
High Performance Venturis		X		High Level Indicator			X
Easy-Lift Lifting Ears		X		<b>Hopper Discharge</b>			
Walk-In Clean Air Plenum with 10° Sloped Roof (FTP)		X		Dumpster Discharge with Pneumatic Lid and Controls			X
Service Railing on Top of Collector (FTD)		X		Rack and Pinion Gate			X
Integrated Exhaust Weatherhood			X	55-Gallon (208.2-Liter) Drum Cover			X
Stainless Steel Construction			X	Various Rotary Valve Options			X
Mountable Direct Drive Fans with Outlet Hood and Birdscreen with NEMA Premium** Efficient Motor			X	<b>Support Structure</b>			
High Performance Fan Silencer			X	36" (914.4 mm) Clearance Leg Pack		X	
Slide Gate Fan Damper			X	Custom Clearance Leg Packs			X
<b>Bags &amp; Cages</b>				<b>Electrical Controls, Gauges &amp; Enclosures</b>			
Dura-Life Twice the Life Polyester Snap-In Bag Filters		X		Goyen Diaphragm Valves		X	
Galvanized Cages		X		120V Timerboard and Solenoid Valves in NEMA 4 Enclosure		X	
Variety of Bag Media Options			X	Magnehelic*** Gauge		X	
<b>Paint System</b>				Photohelic*** Gauge			X
Prime Coated Interior		X		Photohelic® Gauge (Weatherproof)			X
Durable Industrial Finish Exterior		X		Delta P Control Panel without Timer			X
Standard Colors: Torit Blue or Storm White		X		<b>SAFETY FEATURES</b>			
Special Colors			X	4"x4" (101.6 x 101.6 mm) Bag Safety Grid (bin vent units only)		X	
* All 60 Hz motors 1 HP and above are EISA compliant and considered NEMA Premium® per Table 12-12. NEMA Premium is a registered trademark of National Electrical Manufacturers Association.				Sprinkler Access Ports			X
** Magnehelic and Photohelic are registered trademarks of Dwyer Instruments, Inc.				Sprinkler Pack Assembly			X
				Explosion Vents			X
				<b>Warranty</b>			
				10-Year Warranty		X	

Significantly improve the performance of your collector with genuine Donaldson Torit replacement filters and parts. **Call Donaldson Torit today 800-365-1331.**



Tel 800-365-1331 (USA)  
Tel 800-343-3639 (within Mexico)  
donaldsonorit@donaldson.com  
donaldsonorit.com

Donaldson Company, Inc.  
Torit  
P.O. Box 1299  
Minneapolis, MN  
55440-1299 U.S.A.

**EXACTLY WHAT YOU NEED.™**

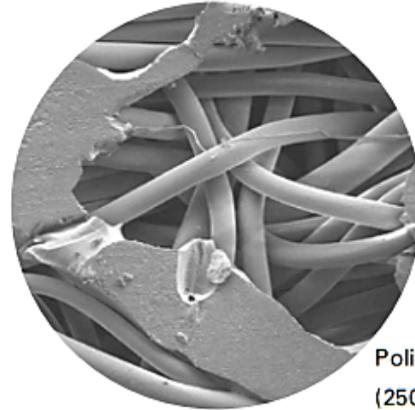
FT Pulse Jet Baghouse (09/12)  
© 2008 Donaldson Co., Inc. All Rights Reserved. All products, product specifications, and data (airflow capacity, dimensions, or availability) are subject to change without notice, and may vary by region or country. Donaldson Torit is a registered trademark of Donaldson Company, Inc. Contains Donaldson proprietary technology.

## Anexo O: Ficha Técnica Filtro de Bolsa Poliéster Glaseado

**Donaldson**  
**Torit®**

### FILTROS DE BOLSA DE POLIÉSTER GLASEADO

MEDIA FILTRANTE DE BOLSA PARA  
COLECTORES DE POLVO BAGHOUSE



Poliéster Glaseado  
(250x)

Agujereado de 16 onzas. el fieltro de poliéster glaseado es un medio filtrante versátil que se utiliza en los colectores de polvo de la cámara de inyección de pulso. El proceso de glaseado proporciona una mejor liberación del polvo mediante la fusión de las fibras más externas y manchas para crear una superficie lisa. Este material es fuerte, resistente a la abrasión y los químicos y es bueno para aplicaciones de hasta 275 ° F.

#### CONSTRUCCIÓN PREMIUM

- La construcción de costura térmica produce una costura con mayor confiabilidad y eficiencia
- Disponible en una amplia variedad de configuraciones, diámetros y longitudes
- Las opciones incluyen cables de tierra, puños de abrasión y anillos de expansión

#### APLICACIONES

- Aplicaciones de uso general incluyendo aquellas que requieren una buena liberación del de polvo. Se utiliza en cemento y cantera, procesamiento de metales, cereales, tabaco, harina, madera y otras industrias de polvo molestas.

Disponible en configuraciones para muchas marcas populares de colectores de bolsas.

#### ESPECIFICACIONES DE MEDIA

Tecnología de Bolsas	Glaseado
Sustrato	Fieltro de poliéster agujereado
Peso de la Tela	16.0 oz./yd <sup>2</sup> (540 g/m <sup>2</sup> )
Espesor	0.060-0.080 pulgadas (1.5-2.0 mm)
Permeabilidad del aire	25-35 (cfm @ 0.5 "wg) 42-60 (m <sup>3</sup> /hr @ 1.25 mbar)

#### DATOS DE COMPATIBILIDAD

Temperatura de funcionamiento máxima	275°F, 135°C
Temperatura máxima de sobretensión	300°F, 149°C
Resistencia a la abrasión	Bueno
Resistencia alcalina	Bueno
Sujeto a hidrólisis**	Si
Resistencia química***	Bueno

#### LIMPIEZA Y ELIMINACIÓN DE BOLSAS

Para el cumplimiento ambiental, es altamente recomendable consultar las guías federales, estatales y locales de protección del medio ambiente para determinar el impacto del lavado o eliminación de bolsas sucias. Muchos polvos de la industria son peligrosos para nuestro medio ambiente y están regulados por los estándares de calidad del aire y por los estándares nacionales y locales de agua durante la eliminación.

## CONFIGURACIONES

Modelos de Colectores	Área de Filtración		Diámetro Externo		Longitud*		Anchura Plana	
	ft²	m²	in	mm	in	mm	in	mm
FS/RSD Baghouse	6.7	0.6	5.875	149.23	52	1320.8	9.23	234.4
	9.7	0.9	5.875	149.23	76	1930.4	9.23	234.4
	12.8	1.2	5.875	149.23	100	2540	9.23	234.4
	15.9	1.5	5.875	149.23	124	3149.6	9.23	234.4
	19.0	1.8	5.875	149.23	148	3759.2	9.23	234.4
FT/LP Baghouse	6.2	6.0	5.875	149.23	48.5	1231.9	9.23	234.4
	9.3	0.9	5.875	149.23	72.5	1841.5	9.23	234.4
	12.4	1.2	5.875	149.23	96.5	2451.1	9.23	234.4
	15.4	1.4	5.875	149.23	120.5	3060.7	9.23	234.4
	18.5	1.7	5.875	149.23	144.5	3670.3	9.23	234.4
HP Baghouse - HPH, HPT, HPW	10.2	1.0	3 x 6.6	76.2 x 167.64	99	2515	7.26	184.4
HPB Baghouse	7.1	0.7	4.5	114.3	73	1854	7.07	179.6
	9.4	0.9	4.5	114.3	97	2464	7.07	179.6
	11.8	1.1	4.5	114.3	121	3073	7.07	179.6
MB Baghouse - MBT, MBW	8.0	0.7	6.14	155.96	60	1524	9.64	244.9
	9.6	0.9	6.14	155.96	72	1829	9.64	244.9
	12.8	1.2	6.14	155.96	96	2348	9.64	244.9
	16.0	1.5	6.14	155.96	120	3048	9.64	244.9
	19.2	1.8	6.14	155.96	144	3658	9.64	244.9
PJ & PJD Baghouse - PJ, PJD	7.6	0.7	4.85	123.19	77	1956	7.62	193.6
	10.1	1.0	4.85	123.19	101	2565	7.62	193.6
	12.7	1.2	4.85	123.19	125	3175	7.62	193.6
	15.2	1.4	4.85	123.19	149	3785	7.62	193.6
RF Baghouse	7.6	0.7	3 x 6.6	76.2 x 167.64	75	1905	7.26	184.4
	10.1	1.0	3 x 6.6	76.2 x 167.64	99	2615	7.26	184.4
	12.7	1.2	3 x 6.6	76.2 x 167.64	123	3124	7.26	184.4
	15.2	1.4	3 x 6.6	76.2 x 167.64	147	3734	7.26	184.4
RJ Baghouse	7.2	0.7	14.8 x 3.4	375.9 x 86.4	30	762	16.87	428.5
	10.3	1.0	14.8 x 3.4	375.9 x 86.4	43	1092	16.87	428.5
	12.9	1.2	14.8 x 3.4	375.9 x 86.4	54	1372	16.87	428.5
	15.8	1.5	14.8 x 3.4	375.9 x 86.4	66	1676	16.87	428.5
	18.7	1.7	14.8 x 3.4	375.9 x 86.4	78	1981	16.87	428.5
	21.6	2.0	14.8 x 3.4	375.9 x 86.4	90	2286	16.87	428.5
	24.4	2.3	14.8 x 3.4	375.9 x 86.4	102	2591	16.87	428.5
	30.2	2.8	14.8 x 3.4	375.9 x 86.4	126	3200	16.87	428.5
	35.9	3.3	14.8 x 3.4	375.9 x 86.4	150	3810	16.87	428.5

\* Redondeado a la pulgada más cercana (mm)

\*\* Las condiciones ambientales que implican combinaciones de alta temperatura, material corrosivo y humedad pueden reducir la resistencia del medio. La reducción de la resistencia de los medios puede comprometer la integridad y el rendimiento de la bolsa.

\*\*\* Una combinación de productos químicos puede alterar la resistencia de la fibra al nivel de rendimiento especificado. El ataque químico puede comprometer la integridad y el rendimiento de la bolsa.

### Aviso importante

Muchos factores más allá del control de Donaldson pueden afectar el uso y desempeño de los productos Donaldson en algunas aplicaciones, incluyendo las condiciones bajo las que el producto sea usado. Dado que estos factores están exclusivamente dentro del conocimiento y control del usuario, es esencial que el usuario evalúe los productos para determinar si el producto es apto para el propósito particular y adecuado para la aplicación del usuario. Todos los productos, especificaciones, disponibilidad e información están sujetas a cambios sin previo aviso y pueden variar por región y país.



Mejore significativamente el desempeño de su colector con las partes y filtros de reemplazo genuinos de Donaldson Torit **Llame a Donaldson Torit hoy +52 (449) 300 2442**

Donaldson Latinoamérica  
Av. Japón 303, Parque Ind. San Francisco, San Francisco de los Romo, Aguascalientes, México

toritlatam.com  
Tel +52(449)300-2442 (Latam)  
Tel 01 800 343 3639 (Mexico)  
industrialair@donaldson.com

**EXACTLY WHAT YOU NEED.™**

F118106 (07/16) Polyester Felt Glazed Bag Filter Media ©2016 Donaldson Company, Inc.  
Donaldson, Torit, PowerCore y el color azul son marcas de Donaldson Company, Inc. Todas las demás marcas pertenecen a sus respectivos dueños.