



**Diseño de sistemas de ventilación y encerramientos en prensas para la fabricación de
tableros de MDP**

Daniel Naranjo Velásquez

Informe de práctica para optar el título de Ingeniero Mecánico

Asesor Interno

Daniel Valencia Giraldo

Ing. Mecánico Universidad de Antioquia

Asesor externo de la empresa Ventilación y Control Ambiental

Jorge Mario Hernández Torreglosa, Especialista (Esp) en ventilación y aire acondicionado

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería

Ingeniería Mecánica

Medellín, Antioquia, Colombia

2023

Cita	Naranjo Velásquez [1]
Referencia Estilo IEEE (2020)	[1] D. Naranjo Velásquez, “Diseño de sistemas de ventilación y encerramientos en prensas para la fabricación de tableros de MDP, 2023”, Trabajo de grado profesional, Ingeniería Mecánica, Universidad de Antioquia, Medellín, Antioquia, Colombia, 2023.



Biblioteca Carlos Gaviria Díaz

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....7

ABSTRACT8

I. INTRODUCCIÓN9

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA10

III. JUSTIFICACIÓN.....11

IV. OBJETIVOS12

V. MARCO TEÓRICO.....13

 Definiciones básicas.....13

 - Velocidad de captura.....14

 - Tipos de Ventiladores.....15

 ▪ Ventiladores Axiales:15

 ▪ Ventiladores Centrífugos:.....15

 ▪ Ventiladores Axiales.....15

 ▪ Ventiladores Centrífugos:.....15

VI. METODOLOGÍA16

 5.1 Cálculos.....16

 5.1.1 Cálculos Prensa 116

 5.1.2 Cálculos Prensa 217

 5.1.3 Cálculos Prensa 318

 5.2 Simulaciones de flujo.....18

 5.2.1 Prensa 119

 5.2.2. Prensa 2.....20

 5.2.3 Prensa 3.....21

5.3 Diseño de sistema de ventilación Prensa 1.....	21
5.3.1 Selección del Ventilador inyección de Aire complementario Prensa 1	22
5.3.2 Selección del Ventilador Extracción de Aire Prensa 1	24
5.3.3 Chimenea Prensa 1	25
5.3.4 Encerramiento Prensa 1	26
5.4 Diseño de los sistemas de ventilación Prensa 2	27
5.4.1 Sistema de Extracción (Diseño y Balanceo) para la prensa 2.....	27
5.4.2 Selección de Rejillas de extracción Prensa 2	27
5.4.3 Selección del Ventilador Prensa 2	30
5.4.4 Chimenea Prensa 2.....	31
5.4.5 Diseño del encerramiento Prensa 2.....	31
5.4.5.1 Cálculos de carga y simulación estática del encerramiento.	33
5.5 Diseño de los sistemas de ventilación Prensa 3	35
5.5.1 Sistema de Extracción (Diseño y Balanceo) para la Prensa 3	35
5.5.2 Selección de Rejillas de extracción Prensa 3	36
5.5.3 Selección del Ventilador Prensa 3	38
5.5.4 Chimenea Prensa 3.....	39
5.5.5 Encerramiento Prensa 3	40
5.5.5.1 Cálculos de carga y simulación estática del encerramiento.	41
VII. CONCLUSIONES.....	45
REFERENCIAS	46

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. CÁLCULO DE CAUDAL DE AIRE REQUERIDO P1.	16
TABLA 2. CÁLCULO DE LAS RENOVACIONES DE AIRE P1.	16
TABLA 3. CÁLCULO DE CAUDAL REQUERIDO P2.	17
TABLA 4. CÁLCULO DE LAS RENOVACIONES DE AIRE P2.	17
TABLA 5. CÁLCULO DEL CAUDAL REQUERIDO P3.	18
TABLA 6. CÁLCULO DE LAS RENOVACIONES DE AIRE P3.	18
TABLA 7. SELECCIÓN DEL VENTILADOR INYECCIÓN.	23
TABLA 8. SELECCIÓN DEL VENTILADOR EXTRACCIÓN P1.	24
TABLA 9 RESUMEN CÁLCULOS PRESIÓN ESTÁTICA DE DUCTOS DE EXTRACCIÓN.	29
TABLA 10 SELECCIÓN DEL VENTILADOR P2.	30
TABLA 11 RESUMEN CÁLCULOS PRESIÓN ESTÁTICA DE DUCTOS DE EXTRACCIÓN.	37
TABLA 12. SELECCIÓN DEL VENTILADOR P3.	38

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1 Límites de exposición para diferentes sustancias [1]..... 11

Fig. 2 Modelo 3d de la prensa 1 19

Fig. 3 Esquema de la simulación de la prensa 1 20

Fig. 4 Esquema de la simulación de la prensa 2 20

Fig. 5 Esquema de simulación de la prensa 3 21

Fig. 6 Sistema de extracción de gases Prensa 1 22

Fig. 7 Curva característica ventilador [5] 23

Fig. 8 Chimenea sistema de extracción Prensa 1 26

Fig. 9 Encerramiento Prensa 1..... 27

Fig. 10 Cálculo cantidad de difusores y flujo P2 [7]..... 28

Fig. 11 Cálculo cantidad de difusores y flujo P2 II [7] 28

Fig. 12 Chimenea sistema de extracción prensa 2 31

Fig. 13 Dimensiones del encerramiento Prensa 2..... 32

Fig. 14 Peso del ventilador [8] 33

Fig. 15 simulación estática prensa 2 con deformación en escala real 34

Fig. 16 Simulación estática prensa 2 con deformación escala aumentada del 10% 34

Fig. 17 Límite de flexión máxima..... 35

Fig. 18 Cálculo cantidad de difusores y flujo P3 I 36

Fig. 19 Cálculo cantidad de difusores y flujo P3 II 37

Fig. 20 Chimenea sistema de extracción prensa 3 40

Fig. 21 Dimensiones del encerramiento Prensa 3..... 41

Fig. 22 Peso del ventilador [8] 42

Fig. 23 Simulación estática prensa 3 con deformación en escala real 43

Fig. 24 Simulación estática prensa 3 con deformación escala aumentada del 10% 43

RESUMEN

Con el compromiso de contar con instalaciones adecuadas para el personal, las empresas buscan la implementación de sistemas de ventilación industrial en todos los procesos en lo que se ve involucrada la salud de sus trabajadores, con el fin de elevar el nivel de protección de las personas que están expuestas, garantizando un entorno seguro o aceptable para que puedan cumplir con la labor que realizan, en vista de esto se requieren diseñar sistemas de ventilación efectivos que suministren y extraigan aire con el fin de lograr una dilución de los contaminantes y garantizar niveles mínimos de compuestos, gases, material particulado o sustancias que puedan afectar la salud de las personas.

Esta propuesta de diseño pretende mostrar la metodología a emplear para diseñar y calcular un sistema de extracción eficiente en el que se puedan encerrar y controlar vapores de formaldehído, con el fin de atenuar el impacto generado por la presencia de estos gases.

***Palabras clave* — Diseño, control, sistemas de extracción, gases, formaldehído.**

ABSTRACT

With the commitment to have adequate facilities for personnel, companies seek the implementation of industrial ventilation systems in all processes in which the health of their workers is involved, in order to raise the level of protection of people. that are exposed, guaranteeing a safe or acceptable environment so that they can carry out the work they carry out, in view of this, it is necessary to design effective ventilation systems that supply and extract air in order to achieve a dilution of contaminants and guarantee minimum levels of compounds, gases, particulate matter or substances that may affect people's health.

This design proposal aims to show the methodology to be used to design and calculate an efficient extraction system in which formaldehyde vapors can be contained and controlled, in order to mitigate the impact generated by the presence of these gases.

***Keywords* — Design, control, extraction systems, gases, formaldehyde.**

I. INTRODUCCIÓN

La empresa Tablemac, ubicada en el municipio de Yarumal, produce tableros de MDP por medio de prensas hidráulicas que comprimen la materia prima y la resina para convertirlo en tableros sólidos de madera, al realizar este proceso, la resina genera gases que pueden comprometer la salud de las personas que trabajan cerca, por este motivo se requiere diseñar un encerramiento para la captura de estos gases y un sistema de ventilación eficiente que permita su extracción de tal forma que los operarios de estas máquinas puedan cumplir con su labor en un entorno seguro.

Se mostrarán los cálculos asociados a los caudales y velocidades adecuadas para el transporte de aire por medio de simulaciones que permitan predecir el comportamiento del flujo dentro de los encerramientos, se diseñarán los encerramientos y se modelarán con el uso del software Solid Edge, el cual permite realizar un análisis estático de estructuras, para determinar si los encerramientos propuestos resisten las cargas a las cuales estarán sometidos y tienen una distribución adecuada para sostener las cargas requeridas.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente la empresa Tablemac dispone de prensas hidráulicas encargadas de transformar el aglomerado de la materia prima en la línea de producción de tablero MDP, una vez el tablero sale de la formadora, pasa a la prensa continua (PRENSA 1) en la cual se compacta creando las superficies lisas requeridas para procesos posteriores, esto se logra controlando la presión y la temperatura.

Una vez el tablero se ha compactado, se libera la presión y se observa la emisión de gases de formaldehído por los costados de la prensa que deben ser controlados, asegurando que no exista migración de contaminantes. Para ello la prensa cuenta con un encerramiento y 6 ventiladores axiales instalados en el techo y sobre la prensa de los cuales se desconoce el punto de operación. No obstante, se ha expuesto por parte de TABLEMAC que la extracción no es adecuada y es deficiente.

Una vez el tablero sale de la prensa 1, se corta del tamaño requerido y se enfría a temperatura ambiente para después ingresar a la PRENSA 2 en la cual se realiza la laminación, esto se hace controlando la presión y la temperatura.

Una vez el tablero se ha laminado, se libera la presión y aunque no se observa la emisión de gases de formaldehído, se percibe el olor de esta sustancia, por lo que debe asegurarse un control para dichos gases. Para ello, actualmente la prensa cuenta con 2 ventiladores axiales instalados sobre la prensa, que por su disposición y distancia con respecto a la fuente no son eficaces para el control de los gases de formaldehído.

La PRENSA 3 cumple la misma función de la PRENSA 2 encargado de laminar los tableros de mdp, en tableros de menor tamaño, en la actualidad esta prensa no posee un sistema de ventilación para la extracción de dichos gases.

III. JUSTIFICACIÓN

Para la fabricación de los tableros de *MDP*, se aplica resina con cierto porcentaje de formaldehído, un compuesto que en estado gaseoso puede afectar a las personas que entren en contacto con esta sustancia. La siguiente figura muestra los valores mínimos de formaldehído que genera afectaciones a la salud.



Substance [CAS No.] (Documentation date)	ADOPTED VALUES				TLV® Basis
	TWA	STEL	Notations	MW	
Ferovanadium dust [12604-58-9] (1990)	1 mg/m ³	3 mg/m ³	—	—	Eye, URT, & LRT irr
Flour dust (2014)	0.5 mg/m ³ (1)	—	RSEN	—	Asthma; URT irr; bronchitis
Fludionil [131341-86-1] (2018)	1 mg/m ³ (1)	—	A3	248,20	Liver & kidney dam
Fluorides, as F (1996)	2.5 mg/m ³	—	A4; BEI	Varies	Bone dam; fluorosis
Fluorine [7782-41-4], as F (2019)	0.1 ppm	C 0.5 ppm	—	38,00	Fluorosis; eye irr
Folpet [133-07-3] (2017)	1 mg/m ³ (1)	—	DSEN; A3	296,60	Liver dam; body weight eff
Fonofos [944-22-9] (2006)	0.1 mg/m ³ (1FV)	—	Skin; A4; BEI _C	246,32	Cholinesterase inhib
Formaldehyde [50-00-0] (2017)	0.1 ppm	0.3 ppm	DSEN; RSEN; A1	30,03	URT & eye irr; URT cancer
Formamide [75-12-7] (2020)	1 ppm	—	Skin; A3	45,04	Hematological eff; liver cancer; developmental toxicity

Fig. 1 Límites de exposición para diferentes sustancias [1]

La Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales, conocida por sus siglas en inglés como la (*ACGIH*) es la encargada de determinar el grado de afectación de las sustancias químicas a las personas, define que 0,1 partícula por millón de formaldehído causa irritación en la piel y aumenta el riesgo de desarrollar Cáncer por este motivo, se requiere diseñar un sistema de extracción eficiente de modo que dichos gases no logren entrar en contacto con la piel o las vías respiratorias de los operarios que están cerca o manipulando las prensas.

IV. OBJETIVOS

A. Objetivo general

Proponer y Diseñar el encerramiento y sistema de extracción para 3 prensas hidráulicas para la fabricación de tableros en *MDP*

B. Objetivos específicos

- Revisar documentación bibliográfica, de la operación y funcionamiento de las prensas
- Identificar los contaminantes presentes y el grado de afectación a la salud de los trabajadores
- Definir los puntos de captación, el ventilador, la chimenea y el equipo de filtración de ser requerido de acuerdo con el proceso y el tipo de contaminante.

V. MARCO TEÓRICO

La Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales, conocida por sus siglas en inglés como la (ACGIH) considera que los sistemas de ventilación por extracción se clasifican en dos grupos “los sistemas de extracción general y los sistemas de extracción localizada. Los sistemas de extracción general pueden emplearse para el control del ambiente térmico y/o para la eliminación de los contaminantes generados en un área, mediante el barrido de un espacio dado con grandes cantidades de aire. Los sistemas de extracción localizada se basan en el principio de capturar el contaminante en, o muy cerca de, su origen.” [1]

Definiciones básicas.

- El flujo volumétrico, habitualmente denominado caudal, se define como el volumen o cantidad de aire que atraviesa una sección determinada por unidad de tiempo. Bases de datos suscritas [1]

El flujo volumétrico, habitualmente denominado caudal, se define como el volumen o cantidad de aire que atraviesa una sección determinada por unidad de tiempo. [1]

$$Q = V * A \quad [1]$$

Donde:

Q = Caudal

V = Velocidad

A = Área

La presión dinámica (PD) se define como la presión requerida para acelerar el aire desde velocidad cero hasta una cierta velocidad (V), y es proporcional a la energía cinética de la corriente de aire. [1]

La relación entre PD y V está dada por:

$$PD = \left(\frac{V}{4.043} \right)^2 \quad [2]$$

Donde:

PD = Presión dinámica

V = Velocidad del fluido

- *Velocidad de captura*

Se denomina velocidad de captura a la velocidad mínima del aire, producida por la campana, que es necesaria para capturar y dirigir hacia ella el contaminante. La velocidad de aire lograda es función del caudal de aire aspirado y de la forma de la campana. [2]

La pérdida de carga en los tramos rectos es una función compleja de la velocidad del aire, del diámetro del conducto, de la densidad y viscosidad del aire, y de la rugosidad superficial del conducto. Los efectos de la velocidad, diámetro, densidad y viscosidad se combinan en el número de Reynolds (Re). Cengel, Cimbala [3]

Se define como:

$$R = \frac{dvD}{u} \quad [3]$$

Donde:

R = Numero de Reynolds

d = Densidad del fluido

v = Velocidad del fluido

u = Viscosidad dinámica del fluido

D = Diámetro interno de la tubería

De modo que el contaminante no se disperse rápidamente por el ambiente La ACGIH, recomienda encerrar la operación tanto como sea posible [1]. Cuanto más encerrado esté el foco, menos aire es necesario para controlarlo. Según Quinchía y Puerta [2] consideran que para que la captación sea efectiva se necesita un buen encerramiento de la fuente de contaminación con el fin de proporcionar volúmenes mínimos de aire a extraer y para evitar que haya escapes en el ambiente de trabajo, ya que después de que los contaminantes se mezclen con el aire del ambiente, es difícil y antieconómico su captación porque habría que mover grandes cantidades de aire.

- *Tipos de Ventiladores.*

- *Ventiladores Axiales:* Son aquellos en los que el aire sigue la dirección del eje del rotor, es decir donde la entrada y la salida forman un ángulo de 180° , y donde el rotor tiene 2 o más alabes puestas en ángulo hacia el eje. [4]
- *Ventiladores Centrífugos:* son aquellos en los cuales el fluido entra en el ventilador a través de una abertura concéntrica con el eje de una pieza que gira a gran velocidad el rotor, el cual tiene provisto alabes solidarios con el mismo. [4]

Para la selección de los ventiladores se requiere conocer el flujo y la presión estática. Dependiendo de la presión estática los ventiladores, Quinchía y Puerta (2017, p 369) [2] sugieren seguir la siguiente regla para seleccionar el ventilador adecuado

- *Ventiladores Axiales* para $PE \leq 1$ inH₂O, bajas RPM para evitar el ruido y varios ventiladores para obtener una buena distribución del aire en todo el salón. [2]
- *Ventiladores Centrífugos:* para presión estática mayores, en estos casos se disponen ductos y rejillas adecuadamente distribuidos para obtener una buena distribución del aire, en el salón. [2]

VI. METODOLOGÍA

5.1 Cálculos

Inicialmente se deben estimar los cálculos aproximados del flujo de aire requerido para asegurar una correcta ventilación del área, garantizando que en las áreas abiertas de ingreso y salida de la prensa exista una velocidad mínima de 100 *FPM*, lo cual es recomendado en ventilación para la captación de compuestos con este grado de afectación.

Cada prensa posee una cara abierta por donde ingresa el material, y otra cara por donde se retira, se calcula el área según las dimensiones requeridas por la banda transportadora y el caudal requerido para obtener la velocidad deseada en dichas áreas.

Con el caudal requerido también se calculan las renovaciones de aire por cada hora dentro de los encerramientos.

5.1.1 Cálculos Prensa 1

TABLA 1. CÁLCULO DE CAUDAL DE AIRE REQUERIDO P1.

INGRESO PRENSA			SALIDA PRENSA		
Ancho Área Abierta	5910 mm	233 in	Ancho Área Abierta	4060 mm	160 in
Altura Área Abierta	2150 mm	85 in	Altura Área Abierta	1360 mm	54 in
Area Abierta	12,71 m ²	136,8 ft ²	Area Abierta	5,52 m ²	59,4 ft ²
Velocidad	0,61 m/s	120 fpm	Velocidad	0,61 m/s	120 fpm
Caudal Total	27892 m³/h	16413 cfm	Caudal Total	12121 m³/h	7132 cfm

TABLA 2. CÁLCULO DE LAS RENOVACIONES DE AIRE P1.

RENOVACION DE AIRE		
Caudal Áreas Abiertas	40013 m ³ /h	23545 cfm
Caudal complementario	46478 m ³ /h	27500 cfm
Caudal total extracción	86491 m³/h	51045 cfm
Volumen del encerramiento	2041 m ³	72029 Ft ³
Renovación de aire	42,5 CPH	

Para la prensa 1 el cliente exige un mínimo de 40 renovaciones por hora dentro de la prensa para garantizar que el contaminante no escape del encerramiento propuesto y llegue al personal de operación de la prensa, por este motivo es necesario ingresar un caudal complementario que permita alcanzar el mínimo de cambios por hora y conservar la velocidad mínima en las áreas abiertas del encerramiento.

5.1.2 Cálculos Prensa 2

TABLA 3. CÁLCULO DE CAUDAL REQUERIDO P2.

INGRESO PRENSA			SALIDA PRENSA		
Ancho Área Abierta	5250 mm	207 in	Ancho Área Abierta	5250 mm	207 in
Altura Área Abierta	2000 mm	79 in	Altura Área Abierta	2000 mm	79 in
Area Abierta	10,50 m ²	113,0 ft ²	Area Abierta	10,50 m ²	113,0 ft ²
Velocidad	0,53 m/s	105 fpm	Velocidad	0,53 m/s	105 fpm
Caudal Total	20168 m³/h	11867 cfm	Caudal Total	20168 m³/h	11867 cfm

TABLA 4. CÁLCULO DE LAS RENOVACIONES DE AIRE P2.

Área Total Efectiva	12,15 m ²	130,7 ft ²
Velocidad de captura	0,51 m/s	100 fpm
CAUDAL TOTAL DE EXTRACCIÓN	24304 m³/h	14380 cfm
Volumen del encerramiento	188 m ³	6631 Ft ³
RENOVACIONES DE AIRE	130,1 CPH	

5.1.3 Cálculos Prensa 3

TABLA 5. CÁLCULO DEL CAUDAL REQUERIDO P3.

INGRESO PRENSA			SALIDA PRENSA		
Ancho Área Abierta	3350 mm	132 in	Ancho Área Abierta	3350 mm	132 in
Altura Área Abierta	1500 mm	59 in	Altura Área Abierta	1500 mm	59 in
Area Abierta	5,03 m ²	54,1 ft ²	Area Abierta	5,03 m ²	54,1 ft ²
Area Efectiva	70%		Area Efectiva	70%	
Velocidad	0,51 m/s	100 fpm	Velocidad	0,51 m/s	100 fpm
Caudal Total	9192 m³/h	3786 cfm	Caudal Total	9192 m³/h	3786 cfm

TABLA 6. CÁLCULO DE LAS RENOVACIONES DE AIRE P3.

RENOVACION DE AIRE		
Caudal total extracción	12798 m³/h	7572 cfm
Volumen del encerramiento	34 m ³	1195 Ft ³
Renovación de aire	380,2 CPH	

Las prensas 2 y 3 no se requieren caudal complementario pues se consiguen el mínimo de cambios por hora requeridos, para estos dos casos no es posible obtener el mismo número de renovaciones de aire, dado que los encerramientos y las áreas abiertas son de menor tamaño y se requiere una velocidad mínima en las caras abiertas de 100 *fpm*.

5.2 Simulaciones de flujo.

Se proponen realizar simulaciones con el fin de verificar que las velocidades en las caras abiertas sean adecuadas para garantizar los valores previamente calculados, que el flujo dentro de los encerramientos propuestos y que la ubicación de los sistemas para la inyección y la extracción sean adecuadas.

La modelación de las prensas se realiza mediante el *Software Solid Edge ST10 de Siemens* 2019. Las simulaciones con el uso del *Software Solid Works* 2015, por medio del módulo especializado en simulaciones de flujo (*Flow simulation*).

5.2.1 Prensa 1

Para esta se proponen usar 6 ventiladores axiales que se ubican en la parte superior del encerramiento cada uno con una capacidad de extracción de 8500 *cfm*.

Dado que el volumen de aire requerido para la extracción es alto además de la succión se propone el uso de inyección por los costados laterales de la prensa, de lo contrario las velocidades en las caras abiertas pueden ser muy altas afectando las paredes del encerramiento las cuales pueden tender a comprimirse por la fuerza ejercida en las áreas abiertas del encerramiento.

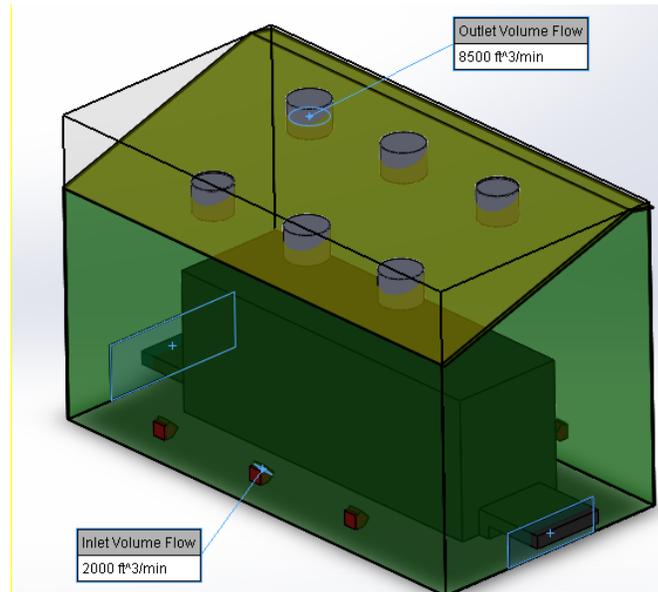


Fig. 2 Modelo 3D de la prensa 1.

Se definieron 6 puntos de inyección de 2000 *fpm* cada uno con un ángulo de entrada de 45° para que los gases puedan subir con mayor velocidad y facilidad, el caudal faltante se desea extraer de las áreas abiertas en se muestran en azul, están son existentes y son necesarias para la banda que transporta los tableros.

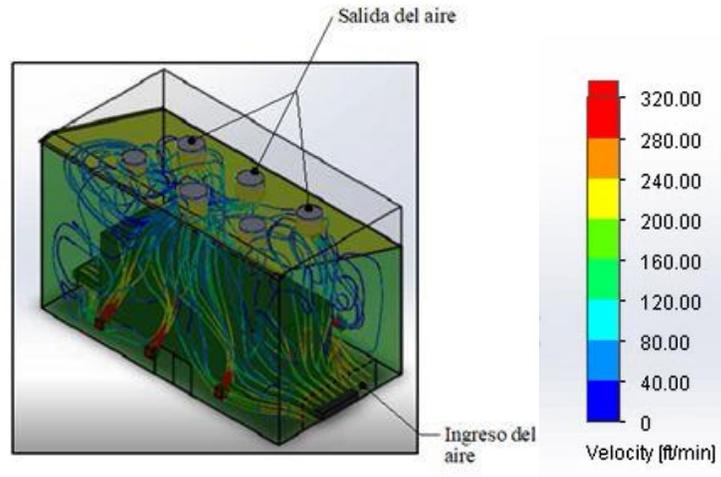


Fig. 3 Esquema de la simulación de la prensa 1

5.2.2. Prensa 2

Dado que la prensa es de menor tamaño el encerramiento se propone de tamaño más reducido para que el volumen de aire que se requiere extraer sea el mínimo y se cumpla el caudal calculado previamente, para la simulación se usaran 4 ventiladores en el techo sin inyección de aire pues el aire requerido puede ser tomado por las áreas abiertas, siguiendo esto y los parámetros requeridos se muestra la simulación realizada.

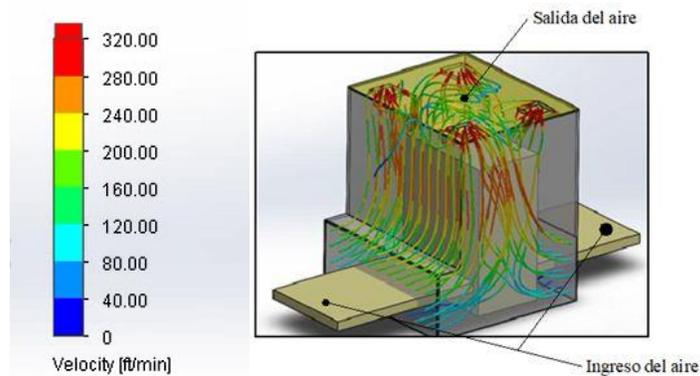


Fig. 4 Esquema de la simulación de la prensa 2

La simulación permite verificar que la ubicación de los puntos de captación es adecuada, en general las líneas de flujo van en la dirección correcta a la extracción, además que dimensiones de

las áreas abiertas son indicadas, pues permiten que las velocidades sean mayores o iguales a las requeridas.

5.2.3 Prensa 3

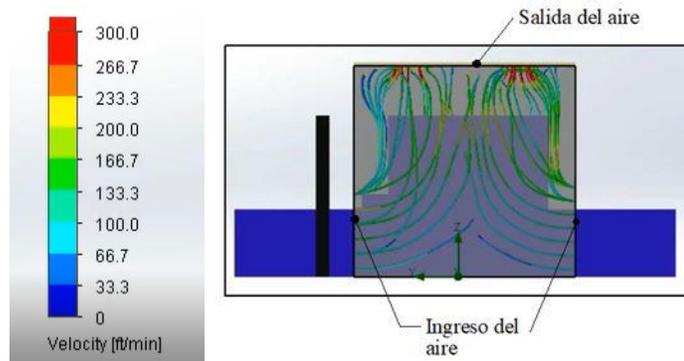


Fig. 5 Esquema de simulación de la prensa 3

De igual manera para la prensa 3 la figura 5 indica que las líneas de flujo van en la dirección adecuada, la velocidad en las áreas abiertas es igual o mayor a 100 fpm, de no ser así se debe reducir el área para que la velocidad de extracción aumente.

La simulación permitió identificar que, si se deja un espacio muy reducido entre la prensa y el encerramiento, el aire choca rápidamente con la prensa y no lograría subir de forma eficiente a los puntos de captación ubicados en la parte superior, por esta razón se deja un espacio considerable entre las prensas y los encerramientos.

5.3 Diseño de sistema de ventilación Prensa 1

Para la extracción de aire al interior del encerramiento de la prensa 1 (P1) se propone la instalación de 6 ventiladores axiales en techo, distribuidos uniformemente sobre la prensa, pero cercanos a los costados laterales de la misma, de esta manera se extraen los gases y vapores generados por la prensa al interior del encerramiento.

El aire extraído entrada al encerramiento de 2 formas, la primera es por las caras abiertas de entrada y salida del encerramiento donde se garantiza una velocidad de paso entre 120 y 150 FPM,

suficiente para evitar la salida de los gases a través de estas caras. La segunda forma es la inyección de aire con ventiladores axiales en los costados laterales del encerramiento con persianas inclinadas a un ángulo entre 45° y 60° , de tal forma que el flujo de aire arrastre los contaminantes hacia la parte superior de la prensa.

En la figura 6 se muestra la distribución del sistema de extracción propuesto para la PRENSA 1.

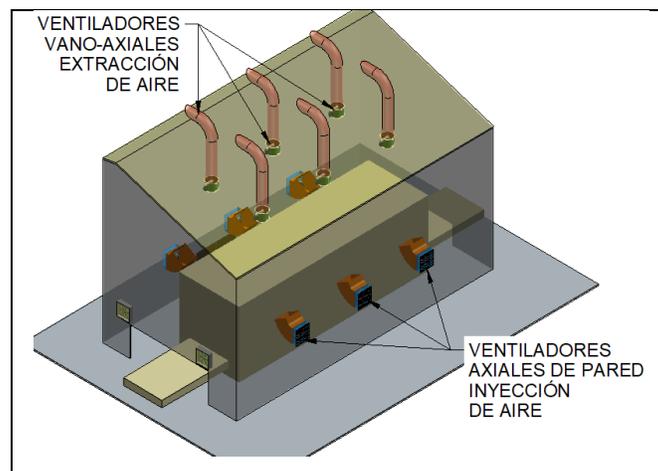


Fig. 6 Sistema de extracción de gases Prensa 1

5.3.1 Selección del Ventilador inyección de Aire complementario Prensa 1

Para la selección del ventilador de inyección de aire complementario se requiere un caudal total de 28000 CFM y una presión estática de 0.2 inH₂O, debido a que se necesita una distribución uniforme de la inyección de aire se propone instalar 6 ventiladores cada uno con un flujo de 4666 CFM aproximadamente.

En la Figura 7 se presenta un esquema con la curva del ventilador marca Soler & Palau para su selección.

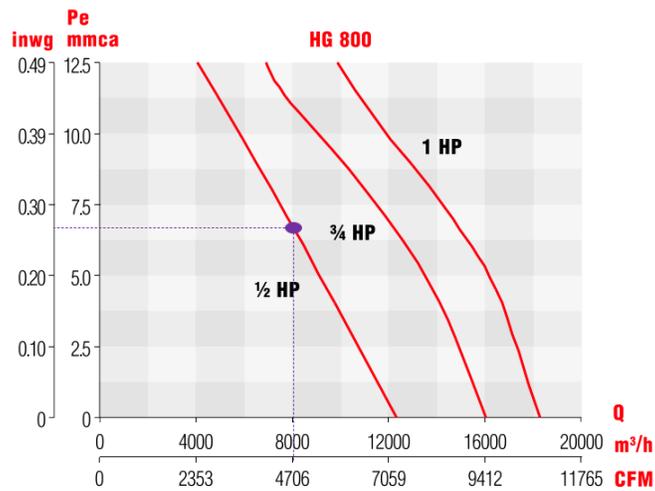


Fig. 7 Curva característica ventilador [5]

Teniendo en cuenta la tabla anterior se obtiene que para un caudal de 4706 CFM se obtiene una caída de presión aproximada de 0.28 inH₂O. En la Tabla 6 se muestra dicha selección del ventilador.

TABLA 7. SELECCIÓN DEL VENTILADOR INYECCIÓN.

PARÁMETROS	VALOR	OBSERVACIÓN
Tipo de Ventilador	Extractor helicoidal	
Tipo de Rotor	Aspas aerodinámicas Angulada y perfilada	
Ciudad	Llanos de Cuivá (Colombia-Antioquia)	2800 msnm
Temperatura del aire	Ambiente	
Caudal de aire	4666 cfm (condiciones actuales)	Estos dos parámetros son los necesarios para la selección del ventilador
Presión Estática	0.2 inH ₂ O corregida a condiciones estándar	
Referencia del ventilador	HGB-T 800	
Marca	Soler & Palau	
Cantidad de ventiladores	6 unidades	
Caudal del ventilador	4706 CFM	

Presión Estática (PE)	0.28 inH2O	
RPM del rotor	530 RPM	
BHP	1/2	
Motor	1/2 (0.5) HP a 1800 rpm, ALTA EFICIENCIA IE3 (3F-60HZ-127V/2200V)	
Ancho	100%	
Arreglo	4	
Material constructivo	Lámina A-36	
Tipo de transmisión y sujeción	Transmisión directa	
Rotación	Sentido horario	
Descarga	Horizontal	

5.3.2 Selección del Ventilador Extracción de Aire Prensa 1

Para la selección del ventilador de extracción de aire se requiere un caudal total de 51545 CFM y una presión estática de 0.5 inH2O, debido a que se necesita una distribución uniforme de la extracción de aire se instalaran 6 ventiladores cada uno con un flujo de 8590 CFM aproximadamente, en la Tabla 7 se presentan la selección del ventilador con las especificaciones más relevantes.

TABLA 8. SELECCIÓN DEL VENTILADOR EXTRACCIÓN P1

PARÁMETROS	VALOR	OBSERVACIÓN
Tipo de Ventilador	Ventilador Axial industrial	
Tipo de Rotor	Aspas aerodinámicas Angulada y perfilada	
Ciudad	Llanos de Cuivá (Colombia-Antioquia)	2800 msnm
Temperatura del aire	Ambiente	
Caudal de aire	8590 cfm (condiciones actuales)	Estos dos parámetros son los necesarios para la selección del ventilador
Presión Estática	0.5 inH2O corregida a condiciones estándar	

Referencia del ventilador	VANO AXIAL TAMAÑO 30	
Cantidad de ventiladores	6 unidades	
Caudal del ventilador	9283 CFM	
Presión Estática (PE)	0.5 inH2O	
RPM del rotor	960 RPM	
BHP	1.44	
Motor	1.5 HP a 1800 rpm, ALTA EFICIENCIA IE3 (3F-60HZ-220V/440V)	
Ancho	100%	
Arreglo	9	
Material constructivo	Lámina A-36	
Tipo de transmisión y sujeción	Transmisión mediante bandas y poleas. El eje del rotor gira a 960 rpm, Las poleas al eje deben estar ensambladas mediante Manguito, y NO mediante cuñero	
Rotación	Sentido horario	
Descarga	vertical	

5.3.3 Chimenea Prensa 1

El sistema de extracción descarga el aire al ambiente a través de una chimenea, con las características descritas a continuación:

- Descarga el aire al ambiente a través de una descarga tipo cuello ganso para evitar el ingreso de agua lluvia.
- Considerando que los gases de aire estarán diluidos, no se propone puertos y plataforma de muestreo.

- Las buenas prácticas de ingeniería recomiendan una velocidad mayor o igual a 3500 FPM. Para el sistema de extracción de vapores del área de la prensa 1 con un caudal de 9283 CFM y una velocidad de 3500 FPM cada sistema, se tiene un diámetro de 22 pulgadas (559 mm).
- La descarga de cuello de ganso se debe poner en la dirección del flujo del viento predominante.

En la figura 8 se observa la chimenea del sistema de extracción de la prensa.

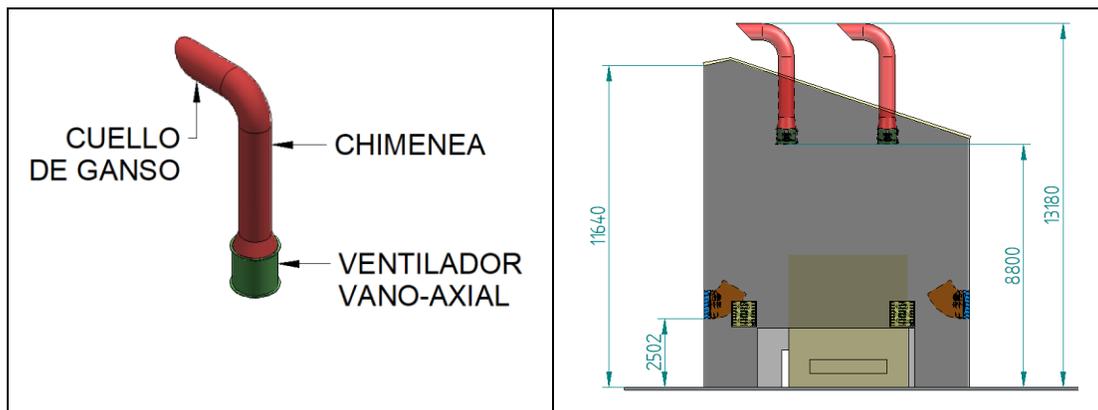


Fig. 8 Chimenea sistema de extracción Prensa 1

5.3.4 Encerramiento Prensa 1

Actualmente la prensa 1 cuenta con un encerramiento. Para el control de los gases de formaldehído se propone utilizar el encerramiento existente para contener el contaminante que se emite en la prensa 1, el cual se muestra en la Ilustración 3.

Es importante aclarar que con el encerramiento se controlan los gases de formaldehído generados al interior de la prensa, una vez la lámina prensada salga del encerramiento puede seguir emitiendo y no va a ser controlado por el sistema propuesto.

Para garantizar una velocidad mínima de 100 FPM en las caras abiertas del encerramiento (ingreso y salida de la lámina) se deben tapar otras aberturas o zonas por donde podría ingresar aire, como se muestra en la figura 9.

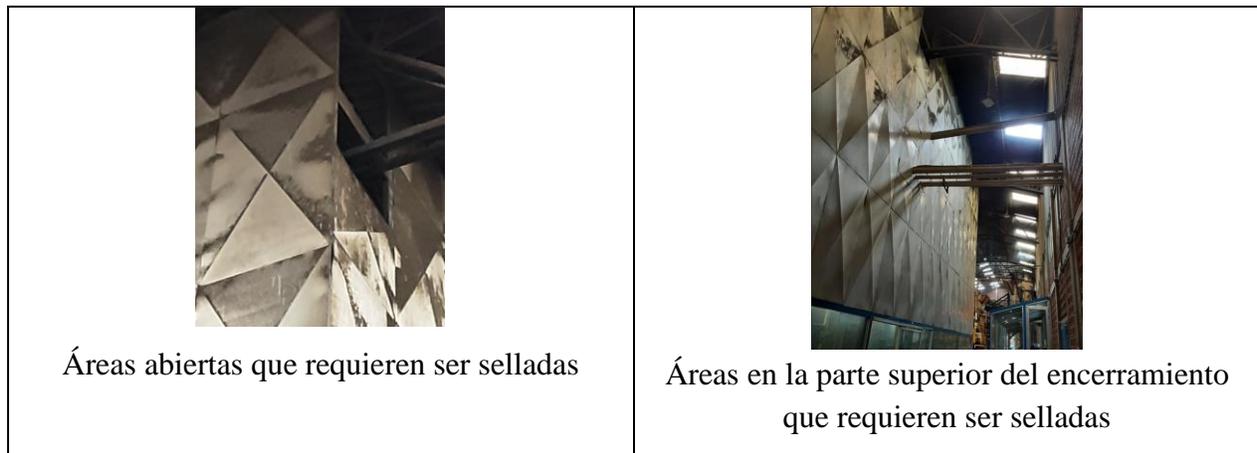


Fig. 9 Encerramiento Prensa 1

5.4 Diseño de los sistemas de ventilación Prensa 2

5.4.1 Sistema de Extracción (Diseño y Balanceo) para la prensa 2

El sistema de ductos de extracción se diseña y balancea bajo las recomendaciones y procedimientos establecidos por la ACGIH [1], en la guía “Industrial Ventilation: A Manual of Recommended Practice for Design, 28th Edition” [4] y la ASRHAE en la guía “Handbook Fundamentals, Capitulo 21 [6]

Como se mencionó anteriormente, para la extracción de contaminantes, se propone instalar un encerramiento alrededor de la prensa y un sistema de ductos con rejillas distribuidas en la parte superior de la prensa y cercanas a los costados laterales de la misma, de esta manera se extrae los contaminantes transportados por el flujo de aire que ingresa por las áreas abiertas.

5.4.2 Selección de Rejillas de extracción Prensa 2

Una vez definidos los caudales de extracción, se procede a seleccionar las rejillas y la cantidad de estas, de modo que se garantice una eficaz captación del contaminante en el encerramiento.

Por lo anterior, el sistema de captación cuenta en el encerramiento con 10 rejillas de aleta con damper tipo L-RA-OB de 24"x24", producidas por Laminaire.

En las figuras 10 y 11 se muestran los datos de velocidad en las rejillas, proveído por el fabricante, teniendo en cuenta las dimensiones de las rejillas y el caudal aproximado por cada una de estas, para una velocidad en la rejilla aproximada de 400-500 *fpm* y se muestran los cálculos realizados.



Fig. 10 Cálculo cantidad de difusores y flujo P2 [7]

LISTED SIZE	EFFECT FREE AREA (SQ,FT)	300 FPM	400 FPM	500 FPM	600 FPM	700 FPM	800 FPM	900 FPM	1000 FPM	1200 FPM	1400 FPM
6 X 6	0,198	59	78	98	118	137	157	176	196	235	274
10 X 6	0,329	99	132	165	197	230	263	296	329	395	461
12 X 6	0,395	119	158	198	237	277	316	356	395	474	553
10 X 8	0,439	132	176	220	263	307	351	395	439	527	615
12 X 8	0,527	158	211	264	316	369	422	474	527	632	738
10 X 10	0,549	165	220	275	329	384	439	494	549	659	769
18 X 6	0,593	178	237	297	356	415	474	534	593	712	850
14 X 8	0,614	184	246	307	368	430	491	553	614	737	860
16 X 8	0,702	211	281	351	421	491	562	632	702	842	983
12 X 12	0,790	237	316	395	474	553	632	711	790	948	1106
16 X 12	1,053	316	421	527	632	737	842	948	1053	1264	1474
20 X 10	1,970	329	439	549	658	768	878	987	1097	1316	1536
18 X 12	1,185	356	474	593	711	830	949	1067	1185	1422	1659
24 X 12	1,580	474	632	790	948	1106	1264	1422	1580	1896	2212
18 X 18	1,778	533	711	889	1067	1245	1422	1600	1778	2134	2489
30 X 12	1,975	593	790	988	1185	1383	1580	1778	1975	2370	2765
24 X 18	2,370	711	948	1185	1422	1659	1896	2133	2370	2844	3318
22 X 22	2,699	810	1080	1350	1620	1890	2159	2429	2699	3239	3779
30 X 18	2,963	889	1185	1482	1778	2074	2370	2667	2963	3556	4148
24 X 24	3,160	949	1264	1580	1896	2212	2528	2844	3160	3792	4424
30 X 24	3,950	1185	1580	1975	2370	2765	3160	3556	3950	4740	5530
36 X 24	4,740	1422	1896	2370	2844	3318	3792	4266	4740	5688	6636
30 X 30	4,938	1481	1975	2469	2963	3457	3950	4444	4938	5926	6913
STATIC PRESSURE NEGATIVE H2O	0,014	0,023	0,038	0,06	0,083	0,115	0,147	0,188	0,281	0,395	
N.C.	20	25	25	30	30	35	35	40	40	45	

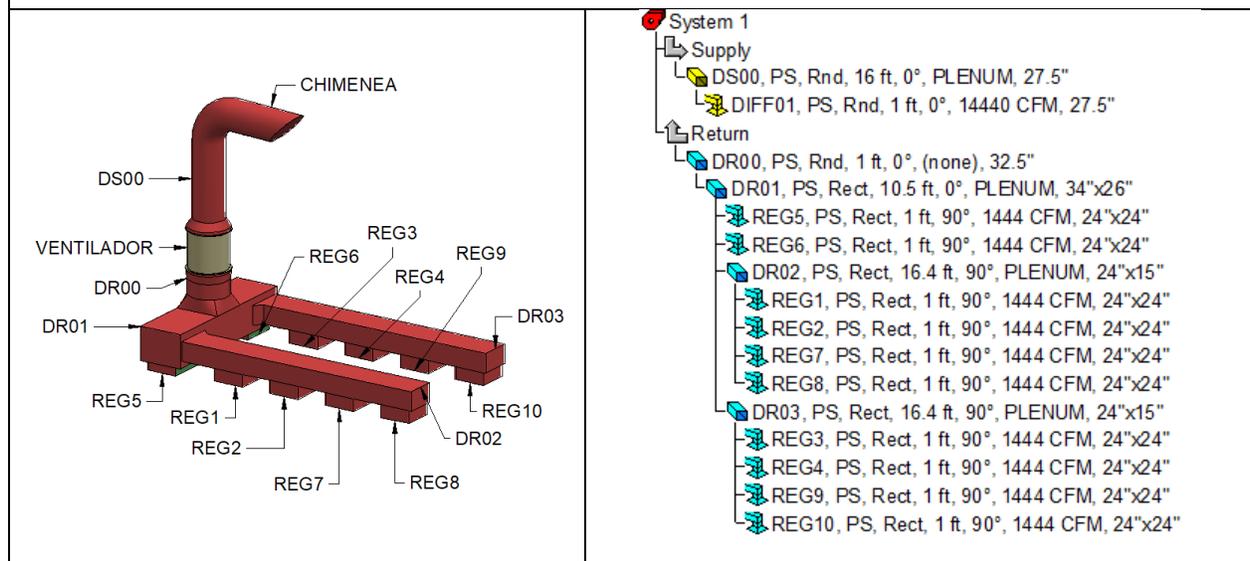
Fig. 11 Cálculo cantidad de difusores y flujo P2 II [7]

En la Tabla 9 se muestra un resumen de los cálculos de la presión estática del sistema de ductos de extracción de aire, obteniendo una presión estática de 0.928 in H₂O.

TABLA 9 RESUMEN CÁLCULOS PRESIÓN ESTÁTICA DE DUCTOS DE EXTRACCIÓN

<i>System 1 - Output Summary - Supply</i>	
Number of active trunks:	1
Number of active runouts:	1
Total system weight (lb.) minus fittings:	171.35
Total outlet flow	14,440
Total outlet flow after heat gain	14,440
Size of largest trunk:	27.5
Size of smallest trunk:	27.5
Size of largest runout:	27.5
Size of smallest runout:	27.5
Maximum static pressure loss occurs in route to runout:	DIFF01
Cumulative static pressure loss at above runout:	0.379
Isolate Return From Supply Option:	No
Return SP Loss Added to 1st Trunk of Supply:	0.274
Available static pressure at above runout:	0.000
Fan static pressure:	0.379
Fan velocity pressure:	0.550
Fan total pressure:	0.929

Presión Estática



5.4.3 Selección del Ventilador Prensa 2

Para la selección del ventilador de extracción de aire se requiere un caudal de 14380 CFM y una presión estática de 0.928 in H₂O, en la Tabla 10 se presentan la selección del ventilador con las especificaciones más relevantes.

TABLA 10 SELECCIÓN DEL VENTILADOR P2

PARÁMETROS	VALOR	OBSERVACIÓN
Tipo de Ventilador	Ventilador Axial industrial	
Tipo de Rotor	Aspas aerodinámicas Angulada y perfilada	
Ciudad	Llanos de Cuivá (Colombia-Antioquia)	2800 msnm
Temperatura del aire	Ambiente	
Caudal de aire	14380 cfm (condiciones actuales)	Estos dos parámetros son los necesarios para la selección del ventilador
Presión Estática	0.929 inH ₂ O corregida a condiciones estándar	
Referencia del ventilador	VANO AXIAL TAMAÑO 30	
Caudal del ventilador	14440 CFM	
Presión Estática (PE)	1 inH ₂ O	
RPM del rotor	1450 RPM	
BHP	4.89	
Motor	5 HP a 1800 rpm, ALTA EFICIENCIA IE3 (3F-60HZ-220V/440V)	
Ancho	100%	
Arreglo	9	
Material constructivo	Lámina A-36	
Rotación	Sentido horario	
Descarga	vertical	

5.4.4 Chimenea Prensa 2

El sistema de extracción descarga el aire al ambiente a través de una chimenea, con las características descritas a continuación:

- Descarga el aire al ambiente a través de una descarga tipo cuello ganso para evitar el ingreso de agua lluvia.
- Considerando que los gases de aire estarán diluidos, no se propone puertos y plataforma de muestreo.
- Las buenas prácticas de ingeniería recomiendan una velocidad mayor o igual a 3500 FPM. Para el sistema de extracción de vapores del área de la prensa 2 con un caudal de 14440 CFM y una velocidad de 3500 FPM, se tiene un diámetro de 27.5 pulgadas (698 mm).
- La descarga de cuello de ganso se debe poner en la dirección del flujo del viento predominante.

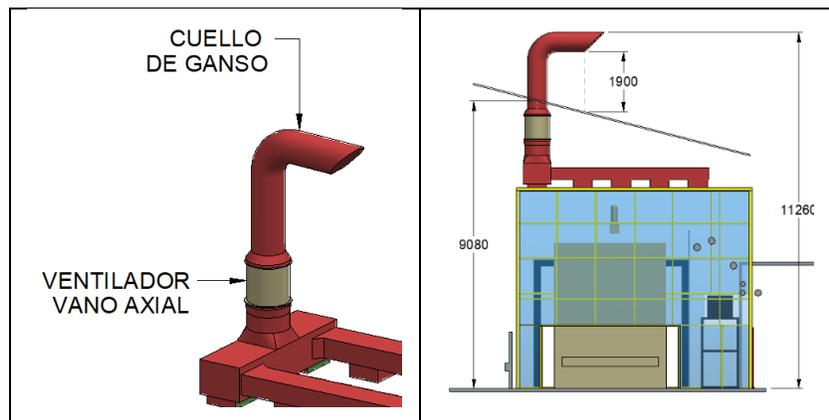


Fig. 12 Chimenea sistema de extracción prensa 2

5.4.5 Diseño del encerramiento Prensa 2

Para el control de los gases de formaldehído se propone la instalación de un encerramiento que contenga el contaminante, con las siguientes características:

- Se propone un encerramiento, en donde su estructura principal será fabricada en tubería cuadrada de 100X100X3mm y 50X50X2.5mm.
- Paneles en lamina galvanizado calibre 20, en punta diamante.
- Los espacios entre el encerramiento y la prensa se muestran en la figura 13.

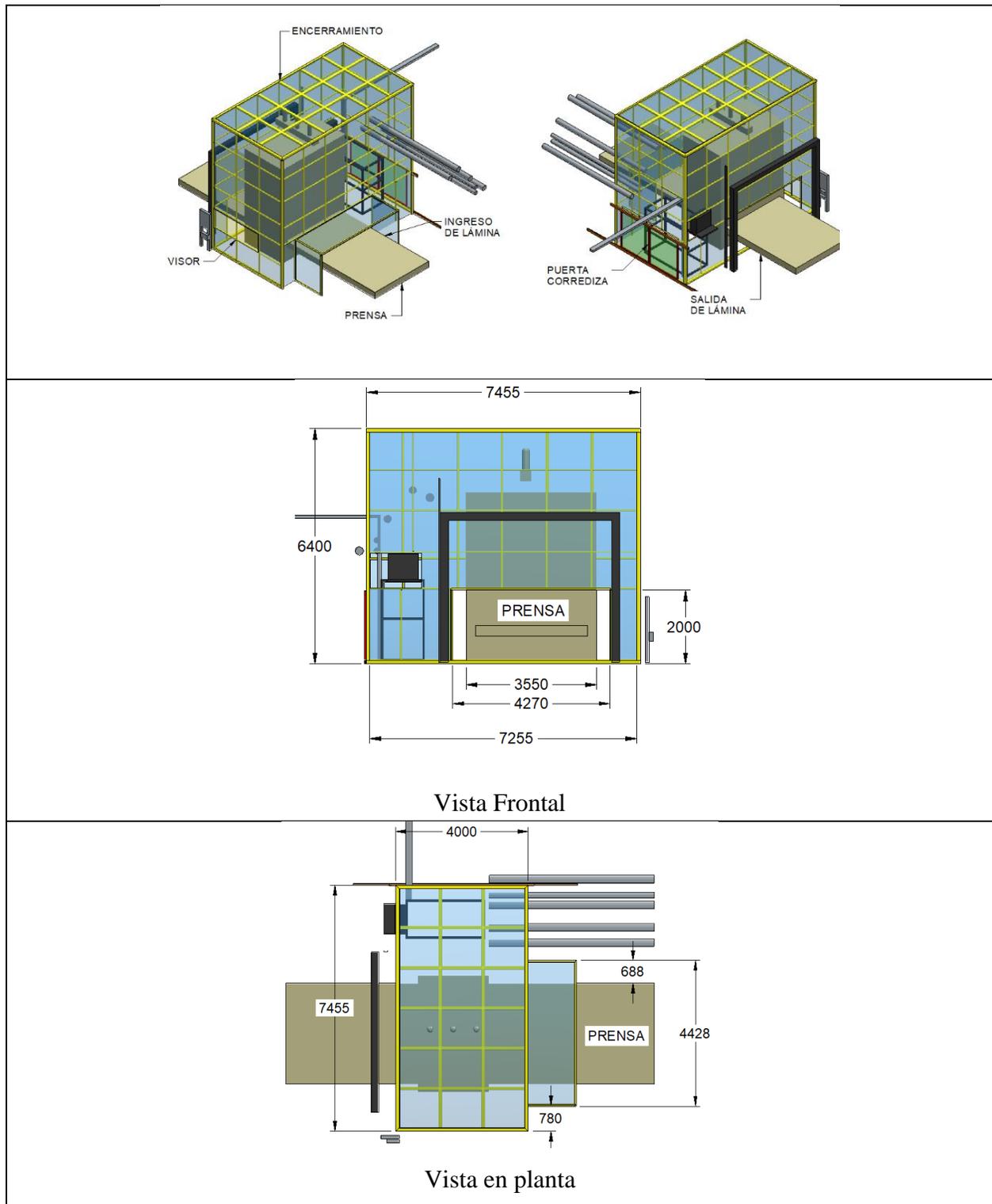


Fig. 13 Dimensiones del encerramiento Prensa 2

5.4.5.1 Cálculos de carga y simulación estática del encerramiento.

Dado que por el efecto de la temperatura los gases tienden a ascender, el sistema de extracción propuesto se ubica en la parte superior del encerramiento de modo que este pueda sostener el sistema de ventilación, se calcula el peso total con el fin de comprobar por medio de una simulación estática si el encerramiento propuesto resiste las cargas a las cuales estará sometido.

Teniendo el área del sistema de extracción que es de 21.2 m², que el peso de una lámina calibre 1.52 mm es de 21.98 kg, y el área de una lámina es de 1,220 m x 2,44 m = 2,97 m² Se divide el área total con el área de láminas y se multiplica el valor resultante con el peso de las láminas como se muestra a continuación.

$$\text{Peso del sistema} = \frac{21.2 \text{ m}^2}{2,97 \text{ m}^2} = 7,13 \text{ laminas} * 21,98 \text{ kg} = 156,9 \text{ kg}$$

Teniendo en cuenta entonces que el peso del sistema de ductos es de 156,9 kg, que la carga aproximada sin el motor ni sistema de transmisión es de 470 lb es decir 214 kg, y que el peso del motor es de 34 kg se tiene que el peso total del sistema de extracción es de 405 kg.

Size	No. of blades	Wheel weight	Wheel WR ²	Bushing type	Shaft diameter	Bearings	Approximate bare fan weight					
							9-M	9-R	9-S, 9-V, 9-D	4-M	4-R	4-S, 4-V, 4-D
125	6	10.3	0.8	P1	1 3/16	B	114	250	117	—	—	—
145	6	11.3	1.3	P1	1 3/16	B	123	264	125	—	—	—
165	6	13.3	3.0	P1	1 7/16	D	185	361	179	—	—	—
185	9	14.3	4.0	P1	1 7/16	D	196	382	190	119	280	112
215	9	15.0	5.0	P1	1 7/16	D	218	422	209	144	310	135
245	9	25.3	13	P1	1 7/16	F	305	554	291	198	399	184
275	9	27.3	19	P1	1 7/16	F	349	642	333	222	462	205
325	9	59.5	46	Q1	1 15/16	F	491	879	470	295	620	274
365	9	63.5	67	Q1	1 15/16	F	535	958	509	339	690	313
425	9	121.5	150	Q1	2 3/16	F	724	1243	687	449	872	411
485	9	128.5	212	Q1	2 3/16	F	788	1371	747	507	988	466
545	9	233.5	800	P1	2 7/16	F	1113	1965	1064	735	1467	685

Fig. 14 Peso del ventilador [8]

A partir de los cálculos y el diseño del encerramiento presentado previamente, se procede a realizar una simulación estática para verificar si dicho encerramiento soporta las cargas a las cuales estará sometido. A continuación, se muestra el resultado de la simulación.

15

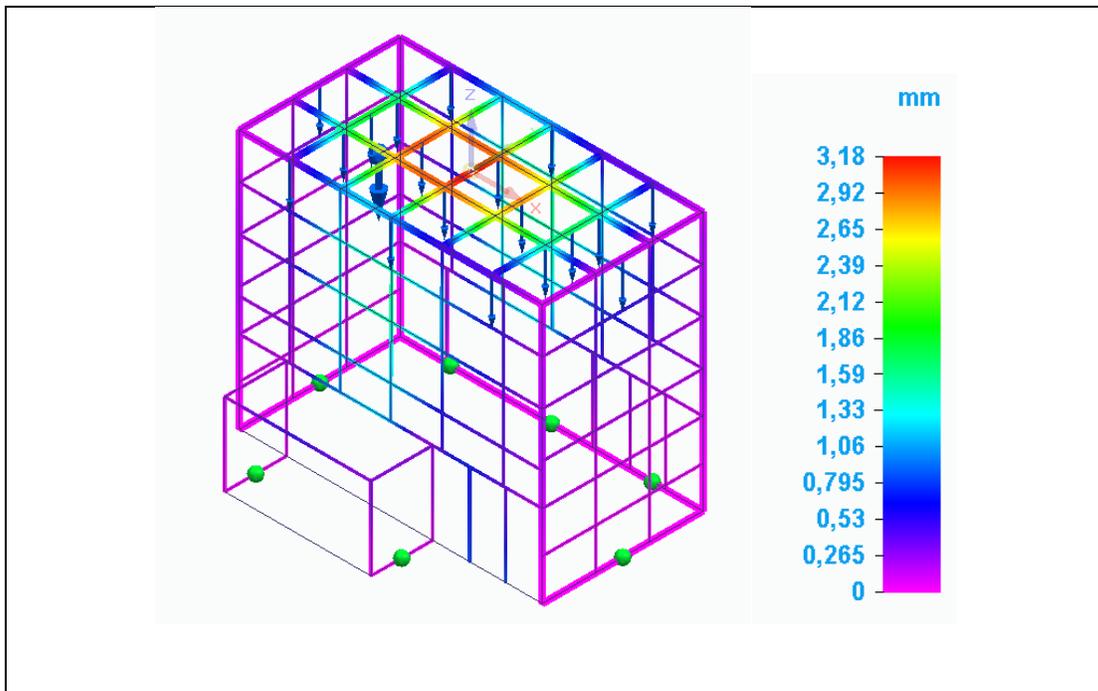


Fig. 15 simulación estática prensa 2 con deformación en escala real

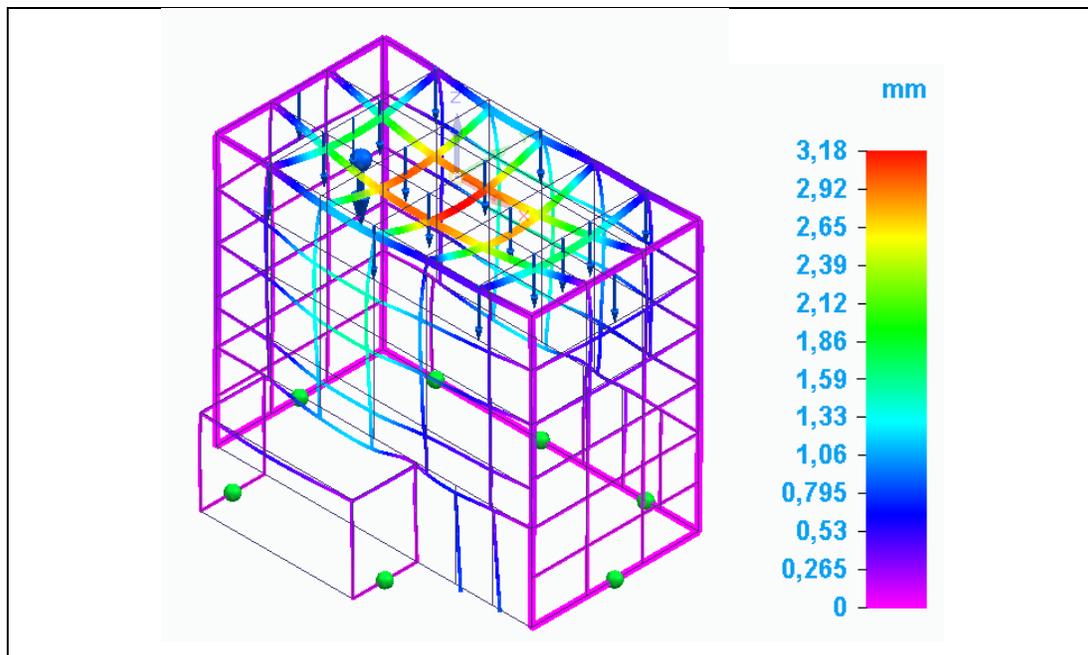


Fig. 16 Simulación estática prensa 2 con deformación escala aumentada del 10%

La simulación muestra que el elemento central es el que presenta una mayor deflexión de 3,18 mm. Según la norma ACI capítulo 24 en su tabla 24.2.2. La deflexión máxima para un elemento que soporta cargas no estructurales se puede observar en la figura 17.

Member	Condition		Deflection to be considered	Deflection limitation
Flat roofs	Not supporting or attached to nonstructural elements likely to be damaged by large deflections		Immediate deflection due to maximum of L , S , and R	$l/180^{[3]}$
Floors			Immediate deflection due to L	$l/360$
Roof or floors	Supporting or attached to nonstructural elements	Likely to be damaged by large deflections	That part of the total deflection occurring after attachment of nonstructural elements, which is the sum of the time-dependent deflection due to all sustained loads and the immediate deflection due to any additional live load ^[2]	$l/480^{[3]}$
		Not likely to be damaged by large deflections		$l/240^{[4]}$

Fig. 17 Límite de flexión máxima. [9]

Los elementos que constituyen la parte superior central del encerramiento tienen una longitud de 7200 y 4000 mm, se calcula la deflexión máxima con el elemento de 4000 mm dado que es el más crítico

$$Deflexión\ máxima = \frac{4000\ mm}{480} = 8,333\ mm$$

Ahora como la deflexión calculada en la simulación de 3.18 mm es menor a la deflexión máxima, se puede decir que la deformación en el elemento cumple con el requerimiento de deflexión y el encerramiento resiste las cargas generadas por el sistema de ventilación.

5.5 Diseño de los sistemas de ventilación Prensa 3

5.5.1 Sistema de Extracción (Diseño y Balanceo) para la Prensa 3

El sistema de ductos de extracción se diseña y balancea bajo las recomendaciones y procedimientos establecidos por la ACGIH en la guía “*Industrial Ventilation: A Manual of Recommended Practice for Design, 28th Edition*” y la ASRHAE en la guía “*Handbook Fundamentals, Capítulo 21*”.

Como se mencionó anteriormente, para la extracción de contaminantes, se propone instalar un encerramiento alrededor de la prensa y un sistema de ductos con rejillas distribuidas sobre la prensa cercanas a los costados laterales de la misma, de esta manera se extraen los contaminantes transportados por el flujo de aire que ingresa por las áreas abiertas, similar a lo propuesto para la prensa 2.

5.5.2 Selección de Rejillas de extracción Prensa 3

Una vez definidos los caudales de extracción, se procede a seleccionar las rejillas y la cantidad de estas, de modo que se garantice una eficaz captación del contaminante en el encerramiento.

Por lo anterior, el sistema de captación cuenta en el encerramiento con 6 rejillas de aleta con damper tipo L-RA-OB de 24"x24", producidas por Laminaire. [7]. En la Figura 19 se muestra los datos de velocidad en las rejillas, proveído por el fabricante, teniendo en cuenta las dimensiones de las rejillas y el caudal aproximado por cada una de estas, para una velocidad en la rejilla aproximada de 500-600 fpm Y se muestran los cálculos realizados.

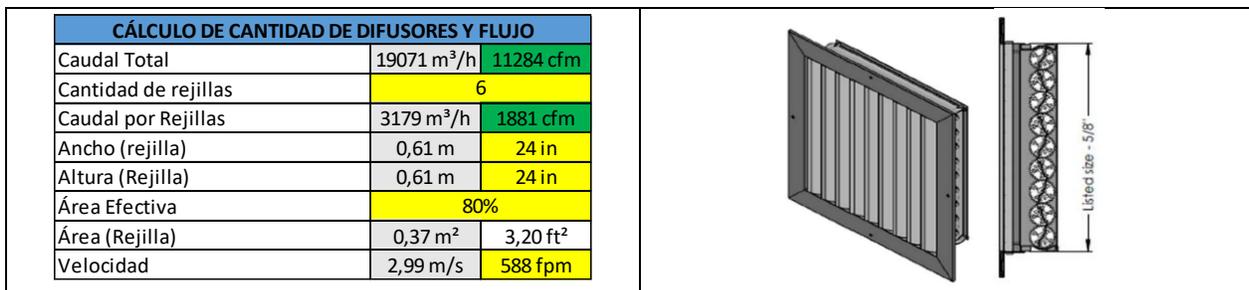


Fig. 18 Cálculo cantidad de difusores y flujo P3 I

LISTED SIZE	EFFECT FREE AREA (SQ.FT)	300 FPM	400 FPM	500 FPM	600 FPM	700 FPM	800 FPM	900 FPM	1000 FPM	1200 FPM	1400 FPM
6 X 6	0,198	59	78	98	118	137	157	176	196	235	274
10 X 6	0,329	99	132	165	197	230	263	296	329	395	461
12 X 6	0,395	119	158	198	237	277	316	356	395	474	553
10 X 8	0,439	132	176	220	263	307	351	395	439	527	615
12 X 8	0,527	158	211	264	316	369	422	474	527	632	738
10 X 10	0,549	165	220	275	329	384	439	494	549	659	769
18 X 6	0,593	178	237	297	356	415	474	534	593	712	850
14 X 8	0,614	184	246	307	368	430	491	553	614	737	860
16 X 8	0,702	211	281	351	421	491	562	632	702	842	983
12 X 12	0,790	237	316	395	474	553	632	711	790	948	1106
16 X 12	1,053	316	421	527	632	737	842	948	1053	1264	1474
20 X 10	1,970	329	439	549	658	768	878	987	1097	1316	1536
18 X 12	1,185	356	474	593	711	830	949	1067	1185	1422	1659
24 X 12	1,580	474	632	790	948	1106	1264	1422	1580	1896	2212
18 X 18	1,778	533	711	889	1067	1245	1422	1600	1778	2134	2489
30 X 12	1,975	593	790	988	1185	1383	1580	1778	1975	2370	2765
24 X 18	2,370	711	948	1185	1422	1659	1896	2133	2370	2844	3318
22 X 22	2,699	810	1080	1350	1620	1890	2159	2429	2699	3239	3779
30 X 18	2,963	889	1185	1482	1778	2074	2370	2667	2963	3556	4148
24 X 24	3,160	949	1264	1580	1896	2212	2528	2844	3160	3792	4424
30 X 24	3,950	1185	1580	1975	2370	2765	3160	3556	3950	4740	5530
36 X 24	4,740	1422	1896	2370	2844	3318	3792	4266	4740	5688	6636
30 X 30	4,938	1481	1975	2469	2963	3457	3950	4444	4938	5926	6913
STATIC PRESSURE NEGATIVE H2O		0,014	0,023	0,038	0,06	0,083	0,115	0,147	0,188	0,281	0,395
N.C.		20 - 25	25 - 30	30 - 35	35 - 40	40 - 45					

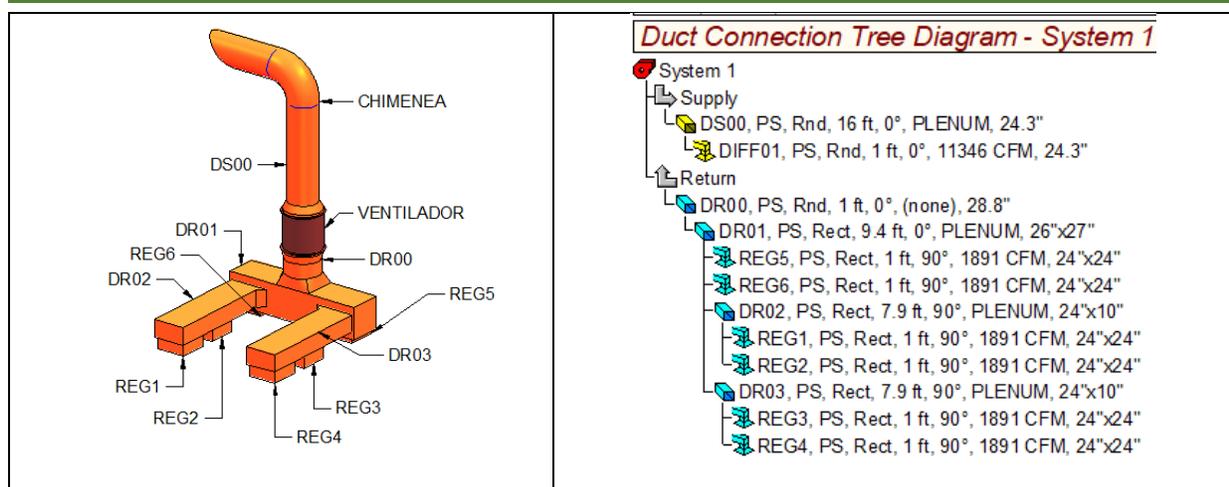
Fig. 19 Cálculo cantidad de difusores y flujo P3 II

En la Tabla 11 se muestra un resumen de los cálculos de la presión estática del sistema de ductos de extracción de aire, obteniendo una presión estática de 0.955 in H2O.

TABLA 11 RESUMEN CÁLCULOS PRESIÓN ESTÁTICA DE DUCTOS DE EXTRACCIÓN

<i>System 1 - Output Summary - Supply</i>	
Number of active trunks:	1
Number of active runouts:	1
Total system weight (lb.) minus fittings:	129.78
Total outlet flow	11,346
Total outlet flow after heat gain	11,346
Size of largest trunk:	24.3
Size of smallest trunk:	24.3
Size of largest runout:	24.3
Size of smallest runout:	24.3
Maximum static pressure loss occurs in route to runout:	DIFF01
Cumulative static pressure loss at above runout:	0.398
Isolate Return From Supply Option:	No
Return SP Loss Added to 1st Trunk of Supply:	0.273
Available static pressure at above runout:	0.000
Fan static pressure:	0.398
Fan velocity pressure:	0.557
Fan total pressure:	0.955

Presión Estática



5.5.3 Selección del Ventilador Prensa 3

Para la selección del ventilador de extracción de aire se requiere un caudal de 11284 CFM y una presión estática de 0.955 in H₂O, en la Tabla 11 se presentan la selección del ventilador con las especificaciones más relevantes.

TABLA 12. SELECCIÓN DEL VENTILADOR P3

PARÁMETROS	VALOR	OBSERVACIÓN
Tipo de Ventilador	Ventilador Axial industrial	
Tipo de Rotor	Aspas aerodinámicas Angulada y perfilada	
Ciudad	Llanos de Cuivá (Colombia-Antioquia)	2800 msnm
Temperatura del aire	Ambiente	
Caudal de aire	11284 cfm (condiciones actuales)	Estos dos parámetros son los necesarios para la selección del ventilador
Presión Estática	0.955 inH ₂ O corregida a condiciones estándar	
Referencia del ventilador	VANO AXIAL TAMAÑO 30	
Caudal del ventilador	11346 CFM	
Presión Estática (PE)	1 inH ₂ O	
RPM del rotor	1246 RPM	

BHP	3.21	
Motor	4 HP a 1800 rpm, ALTA EFICIENCIA IE3 (3F-60HZ-220V/440V)	
Ancho	100%	
Arreglo	9	
Material constructivo	Lámina A-36	
Tipo de transmisión y sujeción	Transmisión mediante bandas y poleas. El eje del rotor gira a 1246 rpm, Las poleas al eje deben estar ensambladas mediante Manguito, y NO mediante cuñero	
Rotación	Sentido horario	
Descarga	vertical	
Nivel de Ruido	Máximo 75 dB(A), evaluado a 1 m de distancia	
Sistema antivibración	El ventilador debe estar soportado sobre unas bases de caucho anti-vibratorias.	Adicionalmente, la succión y la descarga del ventilador deben estar acopladas a la ductería mediante sección de tela flexible.
A prueba de explosión	NO	
El ventilador debe de tener	– Guardas de protección en el eje y el sistema de transmisión	

5.5.4 Chimenea Prensa 3

El sistema de extracción descarga el aire al ambiente a través de una chimenea, con las características descritas a continuación:

- Descarga el aire al ambiente a través de una descarga tipo cuello ganso para evitar el ingreso de agua lluvia.
- Considerando que los gases de aire estarán diluidos, no se propone puertos y plataforma de muestreo.
- Las buenas prácticas de ingeniería recomiendan una velocidad mayor o igual a 3500 FPM. Para el sistema de extracción de vapores del área de la prensa 3 con un caudal de 11346 CFM y una velocidad de 3500 FPM, se tiene un diámetro de 24.3 pulgadas (617 mm).
- La descarga de cuello de ganso se debe poner en la dirección del flujo del viento predominante.

En la figura 20 se observa la chimenea del sistema de extracción de la prensa 3.

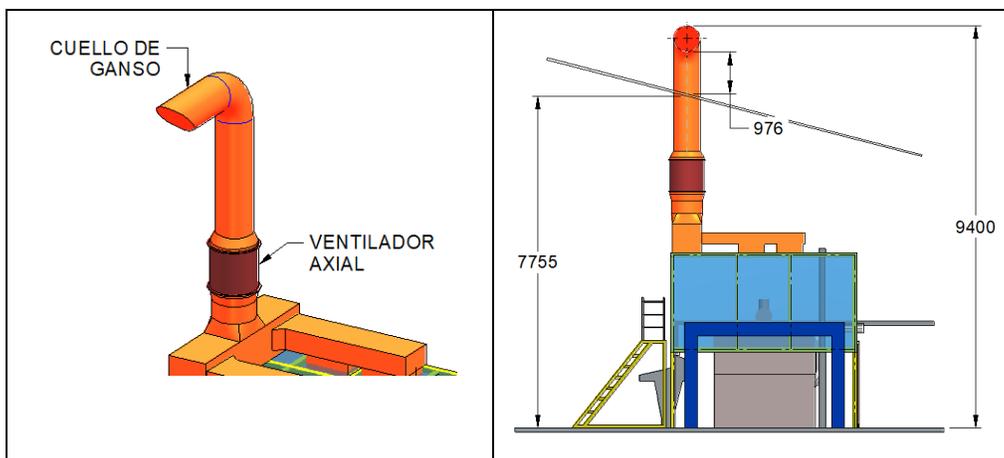


Fig. 20 Chimenea sistema de extracción prensa 3

5.5.5 Encerramiento Prensa 3

Para el control de los gases de formaldehído se propone la instalación de un encerramiento que contenga el contaminante, con las siguientes características:

- Se propone un encerramiento, en donde su estructura principal será fabricada en tubería cuadrada de 100X100X3mm y 50X50X2.5mm.
- Paneles en lamina galvanizado calibre 20, en punta diamante.
- Los espacios entre el encerramiento y la prensa se muestran en la Ilustración 3.

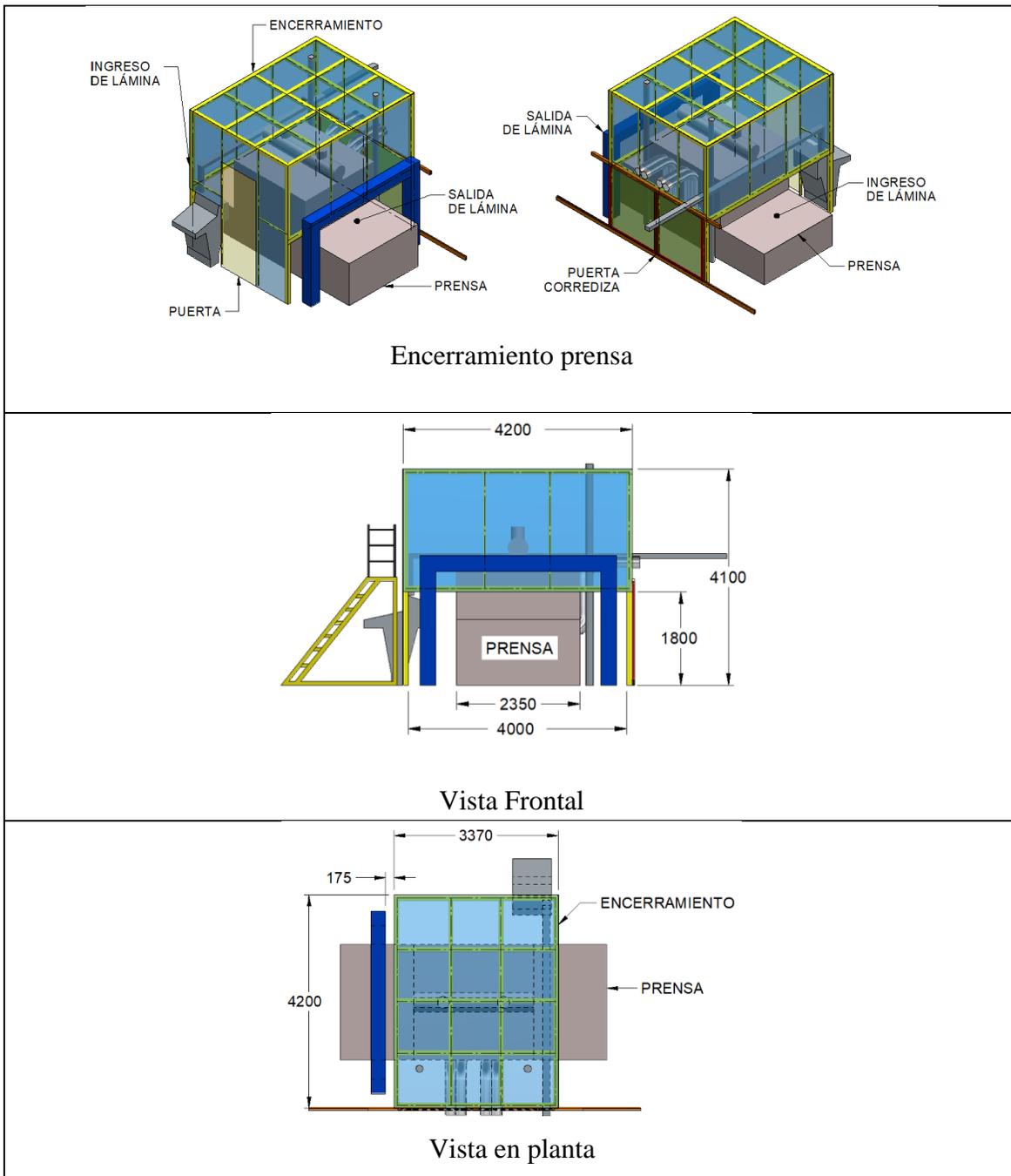


Fig. 21 Dimensiones del encerramiento Prensa 3

5.5.5.1 Cálculos de carga y simulación estática del encerramiento.

Dado que por el efecto de la temperatura los gases tienden a ascender, el sistema de extracción propuesto se ubica en la parte superior del encerramiento de modo que este pueda

sostener el sistema de ventilación, se calcula el peso total con el fin de comprobar por medio de una simulación estática si el encerramiento propuesto resiste las cargas a las cuales estará sometido.

Se sabe que el área del sistema de extracción que es de 15.2 m², el peso de una lámina calibre 1.52 mm es de 21.98 kg y el área de una lámina de 1,220 m x 2,44 m = 2,97 m²

Se divide el área total con el área de una lámina y se multiplica el valor resultante con el peso de las láminas como se muestra a continuación.

$$\text{Peso del sistema} = \frac{15,2 \text{ m}^2}{2,97 \text{ m}^2} = 5,11 \text{ láminas} * 21,98 \text{ kg} = 112,31 \text{ kg}$$

Teniendo en cuenta entonces que el peso del sistema de ductos es de 112,31 kg a, que la carga aproximada sin el motor ni sistema de transmisión es de 151 kg, y que el peso del motor es de 27 kg. Se tiene que el peso total del sistema de extracción es de 290.31kg.

Dimensions in inches. Weights in pounds. WR² in lb.-ft.². Tolerance: ±1/6"

Size	No. of blades	Wheel weight	Wheel WR ²	Bushing type	Shaft diameter	Bearings	Approximate bare fan weight						Housing gauge
							9-M	9-R	9-S, 9-V, 9-D	4-M	4-R	4-S, 4-V, 4-D	
125	6	10.3	0.8	P1	1 ³ / ₁₆	B	114	250	117	—	—	—	10
145	6	11.3	1.3	P1	1 ³ / ₁₆	B	123	264	125	—	—	—	10
165	6	13.3	3.0	P1	1 ⁷ / ₁₆	D	185	361	179	—	—	—	10
185	9	14.3	4.0	P1	1 ⁷ / ₁₆	D	196	382	190	119	280	112	10
215	9	15.0	5.0	P1	1 ⁷ / ₁₆	D	218	422	209	144	310	135	10
245	9	25.3	13	P1	1 ⁷ / ₁₆	F	305	554	291	198	399	184	10
275	9	27.3	19	P1	1 ⁷ / ₁₆	F	349	642	333	222	462	205	10
325	9	59.5	46	Q1	1 ¹⁵ / ₁₆	F	491	879	470	295	620	274	10
365	9	63.5	67	Q1	1 ¹⁵ / ₁₆	F	535	958	509	339	690	313	10
425	9	121.5	150	Q1	2 ³ / ₁₆	F	724	1243	687	449	872	411	10
485	9	128.5	212	Q1	2 ³ / ₁₆	F	788	1371	747	507	988	466	10
545	9	233.5	800	R1	2 ⁷ / ₁₆	F	1113	1965	1064	735	1467	685	7
605	9	242.5	1000	R1	2 ⁷ / ₁₆	F	1187	2133	1133	809	1627	755	7

Fig. 22 Peso del ventilador [8]

A partir de los cálculos y el diseño del encerramiento presentado previamente, se procede a realizar una simulación estática para verificar si dicho encerramiento soporta las cargas a las cuales estará sometido. A continuación, se muestra el resultado de la simulación.

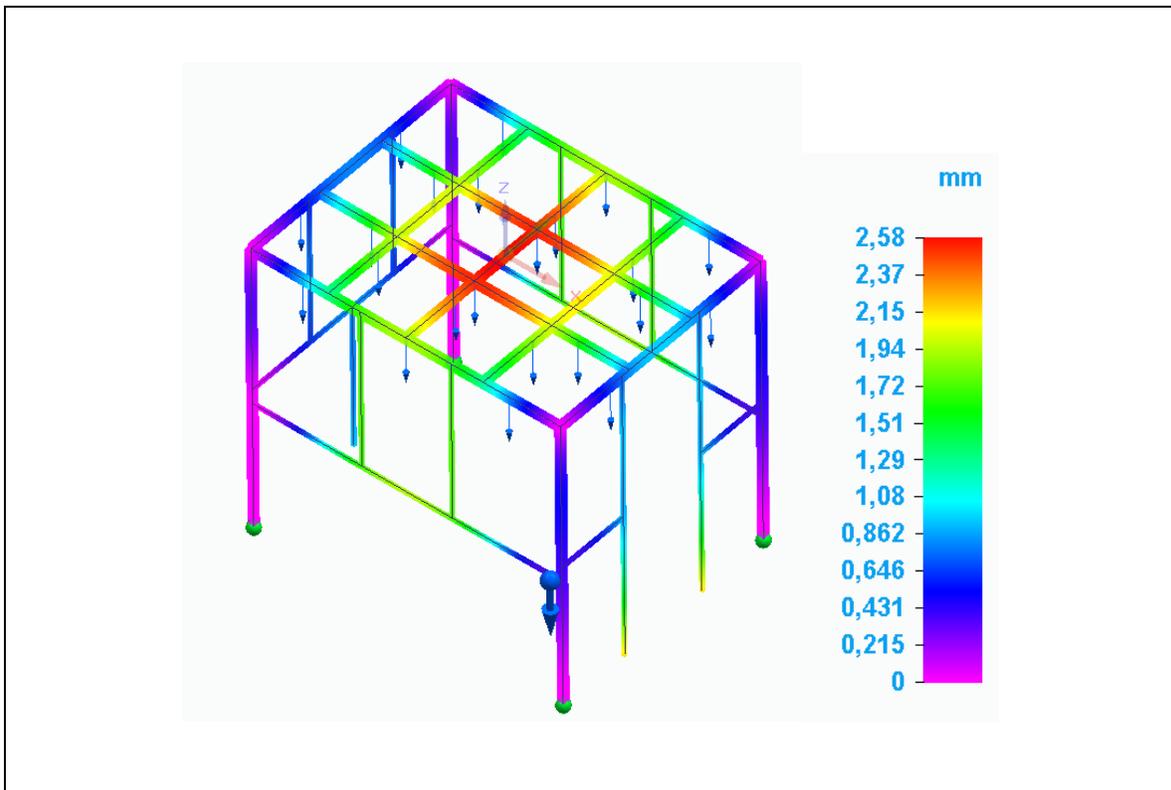


Fig. 23 Simulación estática prensa 3 con deformación en escala real

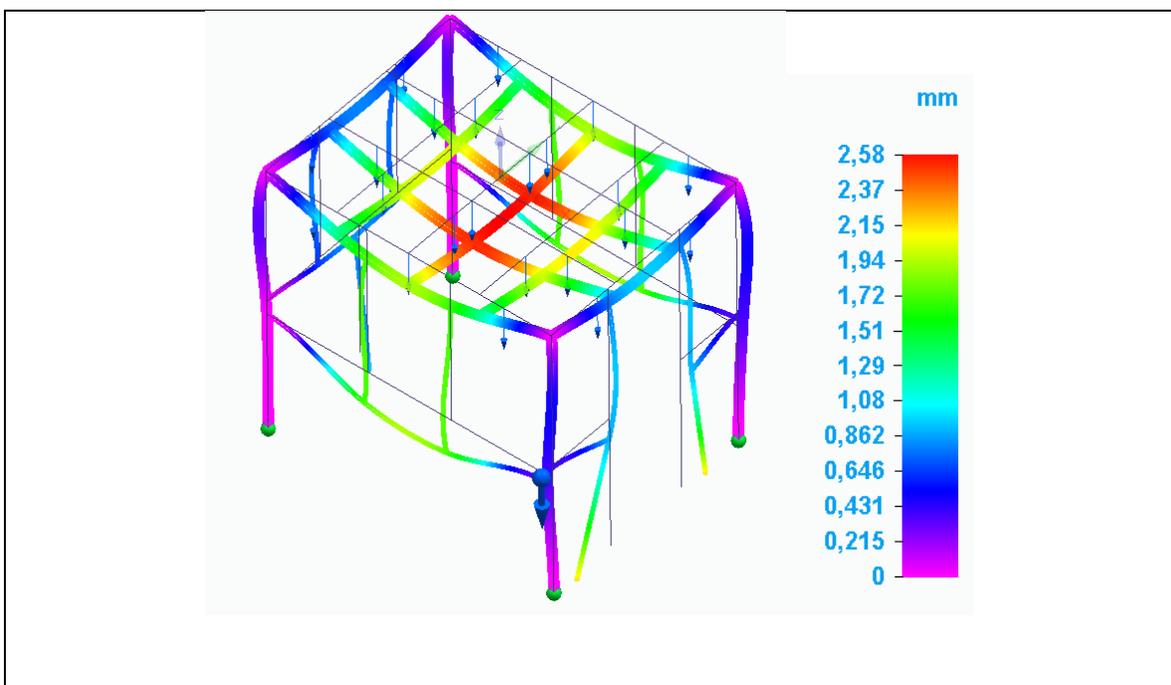


Fig. 24 Simulación estática prensa 3 con deformación escala aumentada del 10%

La simulación muestra que el elemento central es el que presenta una mayor deflexión de 3,18 mm. Según la norma ACI capítulo 24 en su tabla 24.2.2 [9], la deflexión máxima para un elemento que soporta cargas no estructurales se puede observar en la figura 17.

Los elementos que constituyen la parte superior central del encerramiento tienen una longitud de 4200 y 3370 mm, se calcula la deflexión máxima con el elemento de 3370 mm dado que es el más crítico.

$$\text{Deflexión máxima} = \frac{3370 \text{ mm}}{480} = 7,02 \text{ mm}$$

Ahora como la deflexión calculada en la simulación de 3.18 mm es menor a la deflexión máxima de 7,02 mm, se puede decir que la deformación en el elemento cumple con el requerimiento de deflexión, y el encerramiento resiste las cargas generadas por el sistema de ventilación.

VII. CONCLUSIONES

Las simulaciones de flujo permitieron identificar que las velocidades en las caras abiertas de los encerramientos fueran adecuadas y cercanas a las calculadas, de igual manera mostraron que los puntos seleccionados para la extracción fueron indicados, ya que las líneas de flujo muestran que la trayectoria del aire va directamente a los puntos de extracción y el aire que entra en recirculación es poco significativo.

Las simulaciones de carga estática fueron de gran utilidad para conocer el punto de concentración de la carga, calcular el esfuerzo y la deformación sobre los elementos del encerramiento, de igual manera permiten verificar que los perfiles utilizados para la construcción de los encerramientos soportan la carga a la cual se encuentran sometidos y reforzar con perfiles de mayor esbeltez en los lugares donde se pueden identificar mayores concentraciones de esfuerzos.

En sistemas de ventilación es fundamental el cálculo de balanceo de presiones estáticas, dado que permite cuantificar las pérdidas de presión en el sistema como consecuencia del rozamiento del aire con las paredes de la ductería y cambios en la trayectoria del flujo por el uso de accesorios y transiciones, de este cálculo depende la selección adecuada del tipo de ventilador a usar para la extracción, los cuales se seleccionan en base a la presión y el caudal requeridos, un sistema desbalanceado no permite una correcta extracción de los contaminantes.

Los diseños propuestos se realizaron que forma que no afecten la manera como laboran las personas en el área, sino que por el contrario faciliten y mejoren sus condiciones de trabajo, de igual forma los diseños de los sistemas de ventilación deben garantizar la disminución contaminante a niveles permisibles, con el fin de generar entornos seguros para las personas que operan cerca de las prensas hidráulicas.

REFERENCIAS

- [1] ACGIH, «Valores límite de umbral (TLV) e índices de exposición biológica (BEI).», Bielorrusia, Rusia, 2022.
- [2] R. Quinchia y J. Puerta L, Ventilación Industrial y Equipos de Limpieza de Aire., Tercera ed., Medellín, 2017.
- [3] . Y. A. Cengel y . J. M. Cimbala, Mecánica de fluidos, Tercera ed., McGrawHill, 2015.
- [4] H. D. & W. Y. Goodfellow, Industrial ventilation design guidebook: volume 2: engineering design and applications. Academic press., 2021.
- [5] P. Soler, «<https://www.solerpalau.co>,» [En línea]. Available: <https://www.solerpalau.co/producto.php?id=COMCGT&linea=Comercial&modelo=Ventiladores+helicoidales&submodelo=CGT-ESP>.
- [6] ASHRAE, HVAC systems and equipment. HANDBOOK chapter 21, 1996.
- [7] Laminaire, «<https://laminaire.net/>,» [En línea]. Available: <https://laminaire.net/producto/l-ra-rejilla-de-ventilacion-simple/>.
- [8] N. Y. Blower, «<https://www.nyb.com/es>,» January 2019. [En línea]. Available: <https://www.nyb.com/es/products/vaneaxial-fans-high-pressure-vaneaxial-fans/>.
- [9] ACI Committee, «Building code requirements for structural concrete (ACI 318-08) and commentary. American Concrete Institute.,» Pennsylvania, 2008.