



UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL
Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE DUCTOS PARA EL INVERNADERO ESPACIAL DE LA EMPRESA THE ELITE FLOWER UBICADO EN LA FINCA LAS MERCEDES



THE ELITE FLOWER S.A.S C.I

JUAN DAVID GÓMEZ VIDAL

**UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA
MONTERÍA, CÓRDOBA**

2023



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL
Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE DUCTOS PARA EL INVERNADERO ESPACIAL DE LA EMPRESA THE ELITE FLOWER UBICADO EN LA FINCA LAS MERCEDES



THE ELITE FLOWER S.A.S. C.I

JUAN DAVID GÓMEZ VIDAL

Trabajo de grado presentado, en la modalidad de Práctica Empresarial para optar al Título
de Ingeniero Mecánico.

Director (es):

LUIS ARMANDO ESPITIA SANJUÁN PhD.
EDGAR BELLO GUAMAN.

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA
MONTERÍA, CÓRDOBA



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL
Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



2023

La responsabilidad ética, legal y científica, de las ideas, conceptos, y resultados del proyecto de investigación, serán responsabilidad de los autores.

Artículo 59, Acuerdo N° 022 del 21 de febrero de 2018 del Consejo Superior.

Tener en cuenta los Artículos y directrices establecidos la Resolución 1775, del 21 de agosto de 2019. En donde se establecen las directrices y las políticas de funcionamiento del repositorio institucional de la Universidad de Córdoba (Artículos tercero, octavo, once, entre otros).

“11 – BUENA FE: La universidad considera que la producción intelectual que, los profesores, funcionarios administrativos y estudiantes le presenten, es realizada por éstos, y que no han transgredido los derechos de otras personas. En consecuencia la aceptará, protegerá, publicará y explotará, según corresponda y lo considere pertinente”. Artículo 1, Acuerdo N° 045 del 25 de mayo de 2018 del Consejo Superior.



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL
Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



Nota de aceptación

Firma del jurado

Firma del jurado



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL
Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



*A mis padres (Ruby Vidal y Edwin Gomez)
Agradecerles por todo el esfuerzo y el apoyo
en los momentos difíciles que me brindaron
durante toda mi formación académica*

*A mis hermanos (Fred Gomez, Paola
Gomez, Jose Gomez, Martha Gomez) por
estar conmigo en todo momento*

*A mi pareja sentimental por su apoyo
incondicional y estar conmigo en cada paso
de mi formación*

Agradecimientos especiales a:

Le doy gracias a Dios por involucrar en mi vida a cada persona que aporte en este título universitario, en especial a dos personas muy especiales que son Isney buevas bedoya que ha sido como una segunda madre para mí y me apoyo mucho durante todo este tiempo y ha Jamer Gomez que fue como un segundo padre para mí y todas las cosas que ha hecho por mí y mi familia; de igual forma quiero agradecerle a mi abuelo Remberto Vidal que desde el cielo se sienta orgulloso de mí; además un agradecimiento a mis abuelos paternos Jose Gomez y Sixta Vidal por todo su apoyo incondicional; un agradecimiento a la Familia Buevas Bedoya por brindarme un hogar cuando más lo necesite; finalmente Agradezco a la universidad de Córdoba y a los docentes del programa de Ingeniería Mecánica por su tiempo, paciencia, conocimiento y experiencia para formar a muchos profesionales. Por último, a Elite flower por permitirme en realizar mis prácticas en una gran empresa.



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	12
2. PLATAFORMA ESTRATÉGICA DE LA EMPRESA	12
3. MARCO TEÓRICO O CONCEPTUAL.....	15
4. OBJETIVO.....	19
5. ACTIVIDADES DESARROLLADAS.....	19
5.1 DIAGNÓSTICO ESPECÍFICO DE LA EMPRESA.....	19
5.2 NECESIDADES Y CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE DUCTOS A DISEÑAR	24
5.3 DISEÑO DEL SISTEMA DE DUCTO	25
5.4 PLANOS DEL SISTEMA DE DUCTOS DE LA FINCA DE MERCEDES.....	46
5.5 LISTADO DE MATERIALES, ASESORIOS Y COSTOS	46
6. OTRAS ACTIVIDADES	46
7. PROPUESTA DE MEJORAMIENTO	49
8. APORTES DEL ESTUDIANTE.....	49
9. CONCLUSIONES	50
10. RECOMENDACIONES:.....	50
11. BIBLIOGRAFÍA.....	51



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Longitudes del sistema actual.	23
Tabla 2. Área y volumen del sistema actual.....	23
Tabla 3. valores calculados para el ducto central y los ductos conectores.....	29
Tabla 4. Resultados de área y volumen del ducto principal y de los ductos conector y cumbrera. ..	30
Tabla 5. Dimensiones obtenidas para el sistema de ductos.....	38
Tabla 6. Velocidades recomendadas para sistemas de bajas velocidades	40
Tabla 7. Cálculo del área total del material para la elaboración de los ductos.....	40
Tabla 8. Costos, materiales, la cantidad y tipo de accesorios, cantidad de plástico para la fabricación de los ductos y demás elementos necesarios para realizar el montaje del sistema en el invernadero.	46
Tabla 9. Pendientes para la ruta de teleférico.....	49



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL
Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Estructura organizacional de la empresa The Elite Flower S.A.S.	14
Figura 2. Variación de la presión atmosférica con la altitud.....	18
Figura 3. Sistema de ductos de ventilación del invernadero espacial	20
Figura 4. Sistema de ductos instalado en el invernadero espacial.....	21
Figura 5. Geometría del ducto del sistema.....	22
Figura 6. Medición de corriente del ventilador	24
Figura 7. Sistema de ductos de ventilación para el invernadero espacial	25
Figura 8. secuencia de cálculos realizados en el diseño del sistema	26
Figura 9. Dimensiones del ducto de cumbrera 730 mm x 150 mm.....	28
Figura 10. Tabla de coeficiente de pérdidas en accesorios	35
Figura 11 Ventilador axial 2CC2714-3F.....	39
Figura 12. Plástico seleccionado para la fabricación de los ductos para los invernaderos.....	42
Figura 13. Montaje del circuito electrónico	44
Figura 14. Planos de líneas de vida reservorio finca san mateo	47
Figura 15. Distribución de la línea de vida en el reservorio de la finca san Carlos	47
Figura 16. Planos de rutas para teleférico vía finca palmas	48
Figura 17. Planos de instalación.....	58
Figura 18. Ventilador axial de AGRAR INGENIERIA SAS	63
Figura 19. Ventilador axial de SOLER Y PALAU	63



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL
Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



LISTADO DE GRÁFICOS

Grafica 1. Pérdidas por rozamiento de ductos circulares	35
---------------------------------------------------------------	----

LISTADO DE ECUACIONES

Ecuación 1. Densidad del aire	15
Ecuación 2. Pérdidas por conducto	16
Ecuación 3. Perdidas por singularidad	17
Ecuación 4. Recuperación de presión estática.....	17
Ecuación 5. Área de un cilindro	22
Ecuación 6. Volumen de un cilindro	22
Ecuación 7. Cálculo de caudal	22
Ecuación 8. Longitud del ducto principal	27
Ecuación 9. Velocidad del flujo de aire	27
Ecuación 10. Área transversal de una circunferencia.....	28
Ecuación 11. Área de un paralelogramo	30
Ecuación 12. Volumen de un paralelepípedo	30
Ecuación 13. Cambio de presión en un sistema de conductos	31
Ecuación 14. Cambio de velocidad en cada tramo.....	31
Ecuación 15. Diámetro equivalente del ducto de cumbrera	34
Ecuación 16. Área de una circunferencia.....	35
Ecuación 17. Pérdidas totales del sistema	37
Ecuación 18. Perímetro del conducto.....	40



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



Ecuación 19. Variación del caudal del ventilador axial	43
Ecuación 20. Variación de la presión del ventilador axial	43
Ecuación 21. Variación de la potencia del ventilador axial	43
Ecuación 22. Variación de velocidad del ventilador	44





UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL
Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



GLOSARIO

Caudal	m^3/s
Velocidad	m/s
Presión atmosférica	Pa
Temperatura del aire	K
Densidad del aire	kg/m^3
Factor de fricción	Adimensional
Longitud	m
Factor de forma de la singularidad	Adimensional
Radio de la circunferencia	m
Altura de cilindro	m
Volumen	m^3
Tiempo	s
Densidad de aire	kg/m^3
Potencia	Kw
Recuperación estática	mm.c.a
Carga térmica	CFM
Área	m^2
Velocidad nominal	RPM



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



1. INTRODUCCIÓN

The Elite Flower SAS es una empresa dedicada a la producción y comercialización en el sector floricultor. La compañía tiene como objeto social la producción especializada de flor de corte bajo cubierta y al aire libre, la cual es sembrada en un campo de 240 hectáreas. Entre las variedades que comercializan se encuentran las rosas, las astromelias, las gerberas y los claveles.

El área de ingeniería lleva a cabo las actividades de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo, en cada invernadero para garantizar la formación y sostenibilidad de sus cultivos de flor. En el proceso de producción es imperativo controlar la temperatura y humedad al interior de los invernaderos para que las flores puedan desarrollarse y alcanzar la altura requerida para su comercialización. El control de estas variables se realiza mediante sistemas de ductos ventilación que se encargan de circular aire al interior del invernadero. Adicionalmente, para evitar que el agua entre a los invernaderos y mantener las condiciones requeridas, se cuenta con un sistema de ductos que están conectados a un ventilador axial, sin embargo, este sistema presenta algunos problemas que podrían poner el riesgo la integridad de las flores. Esta práctica se centró en diseñar un sistema de ductos de ventilación que mantenga las condiciones de temperatura y humedad necesarias para la producción de flores en un invernadero de la finca Las Mercedes de la empresa Elite Flowers.^[1] Referencia: The Elite Flower SAS CI || Colombian B2B Marketplace. (s. f.).

2. PLATAFORMA ESTRATÉGICA DE LA EMPRESA

La misión de the Elite Flower S.A.S. C.I es soportar el desarrollo de la organización a través de la asesoría y orientación en el cumplimiento de las políticas empresariales y la legislación laboral urgente, propiciando el crecimiento personal. La visión es tener consolidado un equipo interdisciplinario y competente a diciembre de 2030 que sea apoyo para el personal y soporte para el crecimiento de la organización.



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



Fue fundada en 1991 por el pionero de la industria Peter Hannaford, ha pasado de ser una pequeña granja de rosas en Colombia a casi 700 hectáreas en todo el mundo y cuenta con aproximadamente 6.000 colaboradores entre todas las razones sociales que hacen parte del grupo empresarial en Colombia. Por más de 20 años Elite Flower ha estado suministrando a la industria floricultora los productos de la más fina calidad. Lo que empezó con una pequeña finca de cultivo de rosas se ha convertido en una operación de la más alta calidad dirigida a los mercados de flores en las Américas, Europa, Asia y Australia. Con más de 450 hectáreas de terreno para el cultivo de plantas en Colombia, produciendo más de ocho millones de tallos a la semana, da cuenta del 16% total de las exportaciones florales que se hacen en el país. El tamaño y estructura concede muchas ventajas competitivas tales como: derechos de inicio en el mercado en nuevas variedades de rosas, trato preferencial de carga y la habilidad para responder a nuevos requerimientos o pedidos en menos de 24 horas. Liderado por un equipo visionario y agresivo, elite es líder en el mercado y está siempre al frente de las últimas innovaciones, a pesar de este rápido crecimiento y escala, 25 años después, elite sigue siendo una empresa familiar privada, la más grande del país.^[2] Referencia: Family Roots – Elite Flower. (s. f.).

Elite Flower tiene como políticas las directrices generales de la organización que tienen alcance en todas las áreas de la compañía, en cabeza de los funcionarios responsables de las mismas, cualquiera que sea su cargo y las cuales deben cumplirse en todas sus partes como:

- ✓ Integridad del negocio.
- ✓ No discriminación.
- ✓ Modelo laboral.
- ✓ Relaciones y respeto.
- ✓ Disposiciones y reglamentaciones legales.



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



"VIGILADA MINEDUCACIÓN"

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



- ✓ Seguridad física de las instalaciones y de la información.
- ✓ Anticorrupción y soborno.
- ✓ Certificaciones y sellos de calidad.
- ✓ Participación y comunicación interna.
- ✓ Bienestar del personal.
- ✓ Presentación, aseo y ambiente.

La **Figura 1** muestra la estructura organizacional de la empresa The Elite Flower S.A.S y el recuadro muestra el área donde se desarrolló la práctica estudiantil.

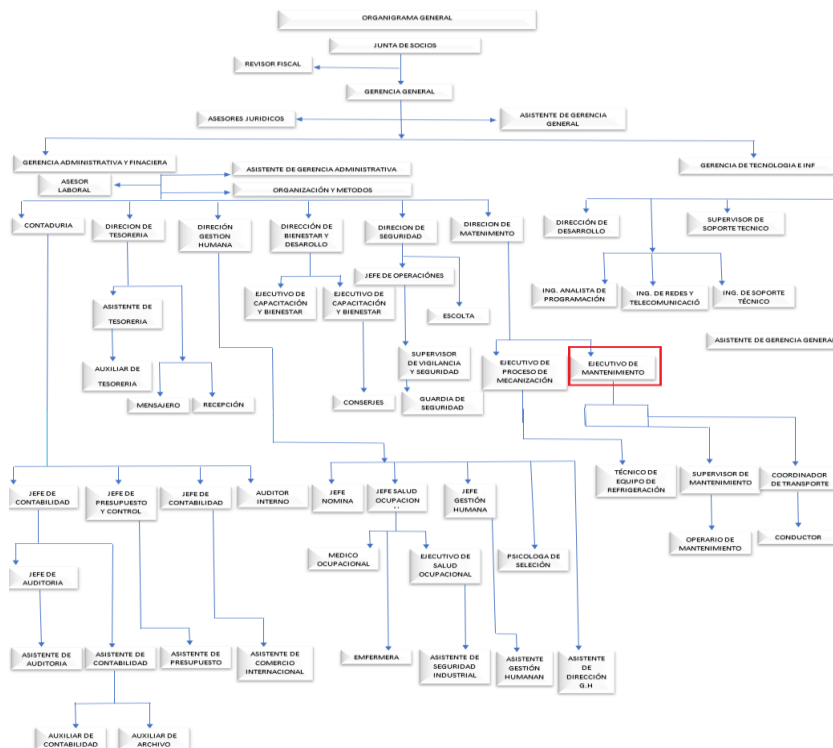


Figura 1. Estructura organizacional de la empresa The Elite Flower S.A.S.



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL
Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



3. MARCO TEÓRICO O CONCEPTUAL

REDES DE CONDUCTOS

La tarea del sistema de conductos es transportar el aire desde la unidad de tratamiento de aire (AHU) hasta la sala acondicionada, que generalmente consta de conductos de suministro y retorno. Entre los elementos que componen el sistema, podemos distinguir elementos de tubería y terminales ^[4] Referencia: Sistema de distribución del aire. Cálculo de conductos

Estos sistemas se clasifican en función de la velocidad y de la presión en los conductos. En función de la velocidad del aire tenemos:

- conductos de baja velocidad (<12 m/s, entre 6 y 12 m/s)
- y conductos de alta velocidad (>12 m/s)

En función de la presión del aire en el conducto, se clasifican en baja, media y alta presión. Esta clasificación corresponde a la misma que utilizan los ventiladores:

- Baja presión (clase I): Hasta 90 metros de columna de agua (mm.c.a).
- Media presión (clase II): Entre 90 y 180 metros de columna de agua (mm.c.a)
- Alta presión (clase III): Entre 180 y 300 metros de columna de agua (mm.c.a).

Propiedades Físicas Del Aire: Las propiedades físicas del aire dependen de la temperatura y la presión. Las propiedades más utilizadas en el diseño de tuberías son la densidad y la viscosidad. La densidad se puede aproximar como:

$$\rho = \frac{P_{atm}}{287 \cdot T}$$

Ecuación 1. Densidad del aire



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



siendo:

P_{atm} = La presión atmosférica (Pa)

T = la temperatura del aire (K)

ρ = la densidad del aire (kg/m^3)

Pérdidas De Carga: Dentro de un conducto, el fluido experimenta una pérdida de presión debido a la fricción, conocida como pérdida de carga. Estas pérdidas principales se dividen en pérdidas de tubería y pérdidas de singularidad.

Pérdidas En Conducto: Se produce una pérdida de carga por el paso del aire en el conducto, la cual suele expresarse por metro de longitud como:

$$\frac{\Delta P}{L} (\text{Pa} / \text{m}) = f \frac{\rho (\text{kg} / \text{m}^3) c^2 (\text{m} / \text{s})}{D_{eq} (\text{m}) 2}$$

Ecuación 2. Pérdidas por conducto

siendo:

f = el factor de fricción

ρ = la densidad del aire (kg/m^3)

c = la velocidad del aire (m/s)

D_{eq} = diámetro equivalente del conducto (m)

L = Longitud del conducto (m)

Pérdidas En Singularidades: Habitualmente estas pérdidas se miden de forma experimental y se determinan por expresiones del tipo:



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL
Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



$$\Delta P = K \cdot \rho \cdot \frac{c^2}{2}$$

Ecuación 3. Perdidas por singularidad

K= el factor de forma de la singularidad

ρ = la densidad del aire (kg/m^3)

c = la velocidad del aire (m/s)

Recuperación De Presión Estática: Al instalar la red de conductos de aire, si el desplazamiento es en el sentido del flujo el caudal disminuye en cada ramal. Los caudales más pequeños requieren secciones transversales más pequeñas, por lo que el tubo se estrecha cada vez que se produce un desvío.

$$\Delta P_{RE} = 0,75 \rho \frac{c_1^2 - c_2^2}{2}$$

Ecuación 4. Recuperación de presión estática

ρ = la densidad del aire (kg/m^3)

c = la velocidad del aire (m/s)

EFEECTO DE LA ALTITUD EN EL FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR ELÉCTRICO

La máquina eléctrica giratoria debe diseñarse/seleccionarse de acuerdo con el entorno operativo de la máquina. En general, los motores están diseñados para su uso en condiciones normales de presión y humedad del aire, definidas como inferiores a 1000 m.s.n.m. y baja humedad relativa. En el caso de altitud, los motores que operen en áreas geográficas donde la altitud supere los 1000 m.s.n.m. Estos requerirán consideraciones especiales en los cálculos y procedimientos de prueba y ensayo.

El efecto de la altitud sobre el rendimiento del motor se debe principalmente a la disminución de la densidad del aire, lo que provoca dos efectos principales, a saber: lo



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co

primero cambios en la eficiencia de refrigeración y lo segundo cambios en la rigidez dieléctrica del aire. Se sabe que el aire tiene presión. La disminución en la altura de una columna de aire disminuye al aumentar la altura, ocasionando que la densidad del aire disminuya. La **Figura 2** muestra la variación de la presión atmosférica con la altitud.^[5] referencia: Motortico. 2018. Efecto de la altitud en el funcionamiento del motor eléctrico

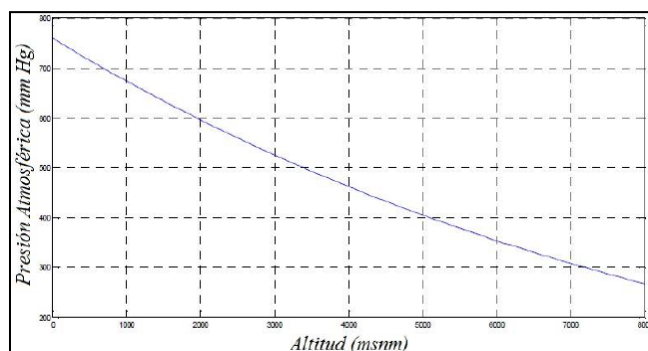


Figura 2. Variación de la presión atmosférica con la altitud

Tomada de: Motortico, 2018

Cuando los equipos están diseñados para ser instalados por encima de los 1.000 metros sobre el nivel del mar, la reducción de la rigidez dieléctrica del aire puede dar lugar a sobretensiones no soportadas que no tendrían consecuencias a nivel del mar. En motores de media y alta tensión, la tensión de irrupción de la corona disminuye a medida que aumenta la altitud y, por lo tanto, aumenta la actividad de DP (si se compara con altitudes más bajas). Por lo tanto, es importante determinar los requisitos de altura para motores de 2300 V y más para garantizar que el aislamiento elegido sea adecuado para el servicio.



UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



4. OBJETIVO

Diseñar un sistema de ductos de circulación de aire para mejorar el tiempo de llenado y disminuir el consumo de energía del invernadero espacial de la empresa The Elite Flower S.A.S. ubicado en la Finca las Mercedes.

5. ACTIVIDADES DESARROLLADAS

A continuación, se describen las actividades desarrolladas en el diseño del sistema de ductos en invernadero.

5.1 DIAGNÓSTICO ESPECÍFICO DE LA EMPRESA

The Elite Flower S.A.S CI es una empresa dedicada a la siembra de flores a cielo abierto y en invernaderos cuya función es controlar la humedad y la temperatura para garantizar el cultivo de las flores. El control de estas variables se realiza mediante la circulación de aire que es tomado del ambiente directamente mediante dos sistemas de ductos de ventilación diferentes, el primero involucra retráctiles móviles que son accionadas por medio de motorreductores, y el segundo por medio de ductos. El área de ingeniería es responsable de las operaciones de mantenimiento y funcionamiento de los invernaderos. El sistema de ductos de ventilación opera diariamente, aproximadamente 13 horas al día desde las 5:00 pm hasta las 6:00 am del día siguiente, y es llenado a través de un ventilador axial. El sistema de ductos de ventilación está constituido principalmente por un ducto central, 21 ductos de cumbrera y 21 conectores secundarios. La Figura 3 ilustra el sistema de ductos de ventilación actual del invernadero espacial.



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co

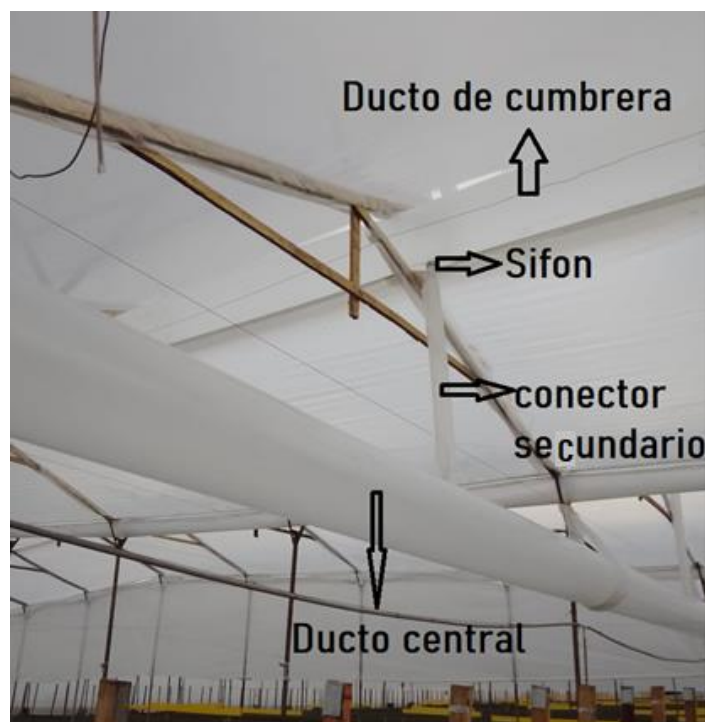
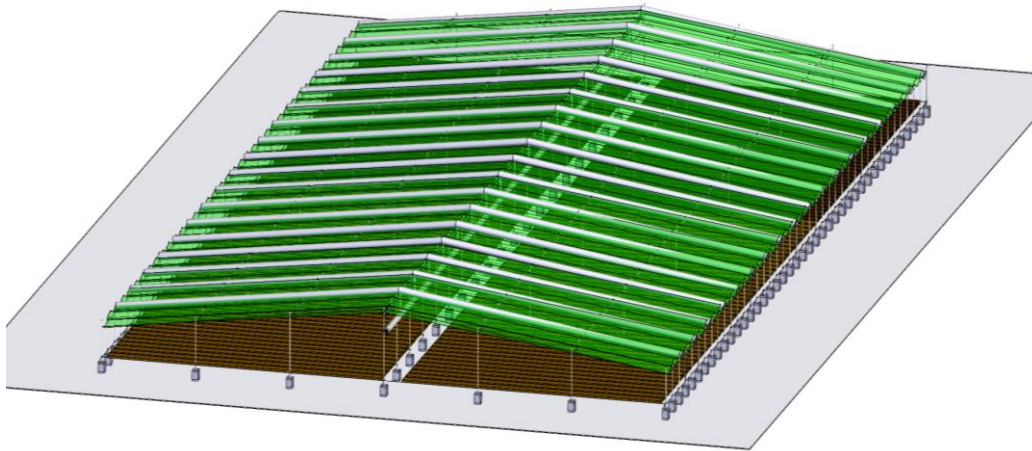


Figura 3. Sistema de ductos de ventilación del invernadero espacial

El personal encargado del mantenimiento de este sistema manifiesta que presenta los siguientes inconvenientes:

- El tiempo de llenado de los ductos instalados en los invernaderos es mayor al que debería tener.
- El caudal de entregado por el ventilador hacia el sistema de ductos no es suficiente debido a que el ventilador axial no está diseñado para operar con la densidad del aire del municipio de Facatativá.
- En algunos momentos durante su operación, el ventilador axial consume mayor energía incrementando los costos por energía eléctrica.

Posteriormente se recopilaron los datos necesarios para calcular el caudal y el consumo de energía generado por el ventilador axial, como también, se determinó el tiempo de llenado del sistema actual, de la siguiente manera:

Medición del ducto principal, de los ductos de cumbrera y conectores secundarios: El sistema está constituido por un ducto principal, 21 ductos de cumbrera y 21 conectores. La **Figura 4** ilustra la disposición del sistema.

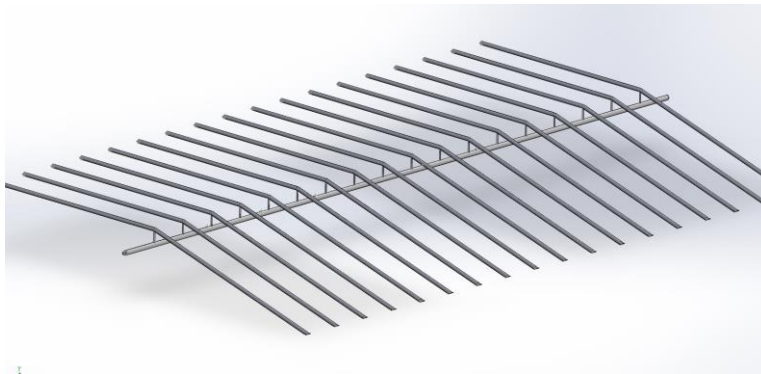


Figura 4. Sistema de ductos instalado en el invernadero espacial

Con base en la información entregada por el supervisor a cargo, para la obtención de las dimensiones del sistema de ductos de ventilación se tomó en cuenta el número de naves que se tienen por bloque, y también la distancia entre naves que es de 6,8 metros. Este valor se multiplicó por el número de naves del invernadero. Para el ducto cumbrera se tomó en cuenta el ancho del invernadero de 70,5 metros y finalmente para la dimensión del conector secundario se tomó 1 metro desde la mitad de la cachucha hasta 30 cm debajo de esta.

Cálculo de caudal:

El área de los ductos de ventilación que conforman el sistema se calculó con base en su geometría, como se muestra en la Figura 5.:

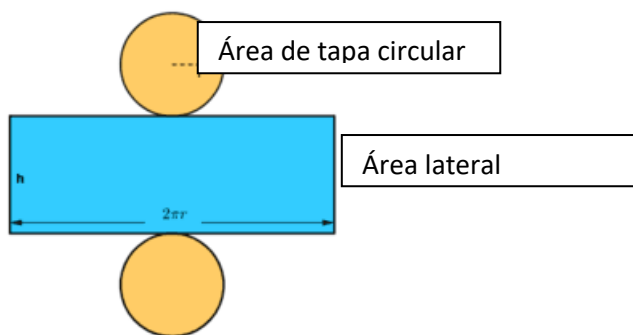


Figura 5. Geometría del ducto del sistema

Los cálculos de área, volumen y tiempo se realizaron con base en las ecuaciones 1, 2, 3:

$$Area = 2 * \pi * h + 2 * \pi * r^2 \quad \text{Ecuación 5. Área de un cilindro}$$

$$Volumen = \pi * r^2 * h \quad \text{Ecuación 6. Volumen de un cilindro}$$

donde:

r = radio de la circunferencia (m)

h = a la altura de cilindro (m)

$$Q = V_t / T \quad \text{Ecuación 7. Cálculo de caudal}$$

Q = Caudal (m/s)

V_t = volumen total (m³)

T = tiempo (s)

Las longitudes del sistema actual, el área y volumen total se presentan en la Tabla 1, Tabla 2 y Tabla 3 respectivamente.



UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



Tabla 1. Longitudes del sistema actual.

DATOS	Valores
DIAMETRO DUCTO PRINCIPAL	0,8 m
DIAMETRO CONECTOR SECUNDARIO	0,2 m
DIAMETRO DUCTO CUMBRERA	1 m
LONGITUD DUCTO PRINCIPAL	142,8 m
LONGITUD DUCTO CONECTOR	1,8 m
LONGITUD DUCTO CUMBRERA	70,5 m

Tabla 2. Área y volumen del sistema actual

AREA	CANTIDAD m ²	VOLUMEN	CANTIDAD m ³
DUCTO PRINCIPAL	359,9	DUCTO PRINCIPAL	71,8
DUCTO CONECTOR	25,1	DUCTO CONECTOR	1,2
DUCTO CUMBRERA	4684,1	DUCTO CUMBRERA	1162,8
AREA TOTAL	5069,1	VOLUMEN TOTAL	1235,75

Acorde a estos datos se tiene un tiempo teórico de llenado de 7 minutos. Igualmente, acorde a los datos medidos durante el funcionamiento del sistema, el tiempo de llenado fue de 27 minutos, 3 veces más del tiempo estimado. Se observa, que el caudal que suministra actualmente el ventilador no es el necesario para las operaciones que tiene el invernadero, hecho atribuido a que el motor de este dispositivo no se encuentra diseñado para trabajar a la altitud del municipio de Facatativá de 2600 msnm. Por otra parte, se midió la corriente consumida por el ventilador con una pinza amperimétrica como se muestra en la Figura 6.



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



Figura 6. Medición de corriente del ventilador

Considerando el voltaje y el valor del kW se determinó un consumo de \$222.222 pesos por mes para el ventilador instalado en un invernadero espacial.

5.2 NECESIDADES Y CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE DUCTOS A DISEÑAR

Las características consideradas par el sistema de ductos de ventilación son las siguientes:

- Longitud del ducto central teniendo en cuenta el número de naves y la distancia entre ellas de 6,8 metros.
- El diámetro del ducto central sea proporcional al diámetro del ventilador seleccionado.
- La longitud del ducto de cumbrera debe ser del ancho del invernadero espacial.

- Los ductos de cumbrera deben tener forma de paralelogramo con menor volumen del actual.
- El tiempo de llenado debe ser inferior a cinco minutos.
- El sistema de ductos de ventilación debe estar ubicado de forma lateral.

5.3 DISEÑO DEL SISTEMA DE DUCTO

La **Figura 7** muestra esquemáticamente la distribución de los ductos con base en las características establecidas.

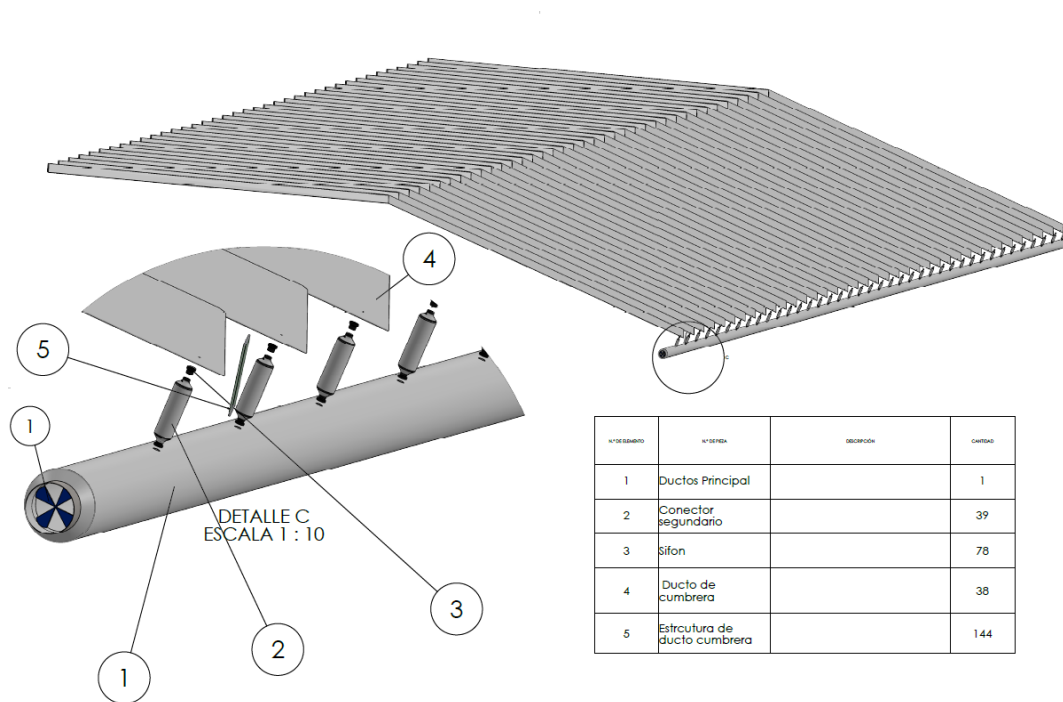


Figura 7. Sistema de ductos de ventilación para el invernadero espacial

La **Figura 8** muestra la secuencia de cálculos realizados en el diseño del sistema

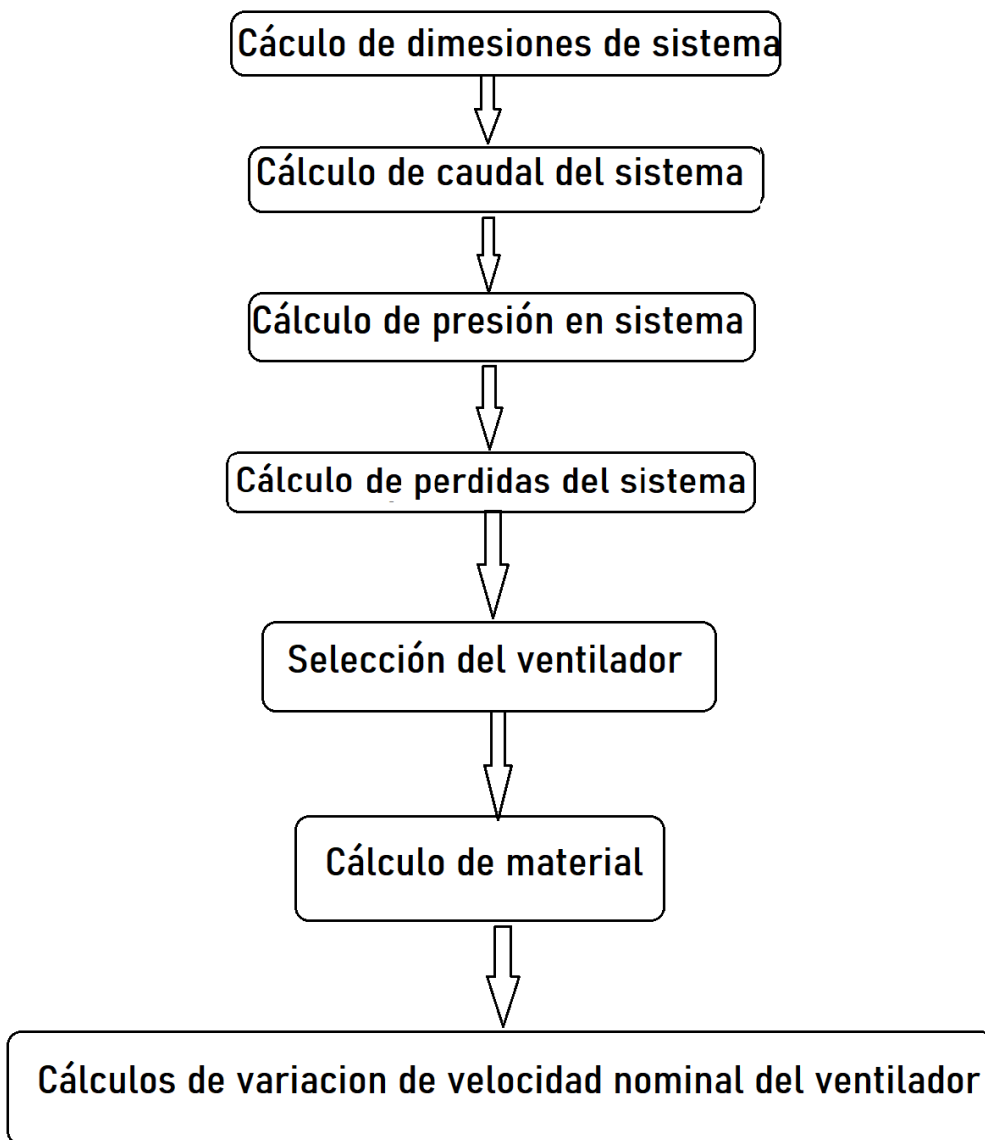


Figura 8. secuencia de cálculos realizados en el diseño del sistema



UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL
Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



- **Cálculo de dimensiones del ducto de principal**

La longitud del ducto principal se definió con base en la ecuación 4:

$$\text{Longitud de ducto} = \# \text{ de naves por bloque} * 6.8 \text{ m}$$

Ecuación 8. Longitud del ducto principal

Ahora para un invernadero que cuenta con 21 naves se tiene:

$$\text{Longitud de ductos} = 21 * 6,8 \text{ m}$$

$$\text{Longitud de ductos} = 142,8 \text{ m} \approx 149 \text{ m de longitud}$$

El diámetro del ducto principal se estableció dependiendo del flujo de aire y la velocidad que se requiera para su llenado bajo la ecuación 5:

$$v = \frac{Q}{A} \quad \text{Ecuación 9. Velocidad del flujo de aire}$$

V= velocidad de flujo (m/s^2)

Q = caudal (m^3/s)

A = Área (m)

Despejando de la Ecuación 5 el área (A):

$$A = \frac{Q}{v}$$

El área (A) de una circunferencia está definida como:

$$A = \frac{\pi}{4} D^2$$



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co

Ecuación 10. Área transversal de una circunferencia

Reemplazando la Ecuación 5 en la Ecuación 6 y despejando se obtiene el diámetro (D) del ducto:

$$A = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v}}$$

A= Área del circunferencia (m²)

Q = Caudal de aire (m³/s)

V= velocidad del aire (m/s)

- **Cálculo de dimensiones del conector secundario**

El dimensionamiento de los conectores debe ser 2.5 veces el diámetro de la unión que es de 0.08 m, por tanto, el diámetro es de 0.2 metros, y su longitud se determina tomando como referencia la mitad de las cachuchas orilleras, que es de 0,6 metros.

- **Calculo de dimensiones del ducto de cumbrera**

Luego para el diseño del ducto de cumbrera se considera el ancho del bloque, así se obtiene la longitud equivalente como se ilustra en la figura 7 y la Tabla 3 relaciona los valores calculados para el ducto central y los ductos conectores.

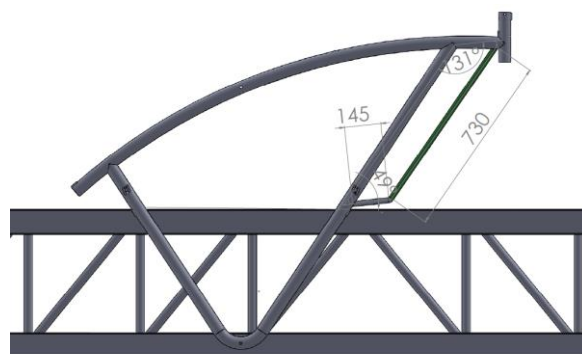


Figura 9. Dimensiones del ducto de cumbrera 730 mm x 150 mm



UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



Tabla 3. valores calculados para el ducto central y los ductos conectores

DUCTOS	AREA(m ²)	TR	CAUDAL(CFM)	DIAMETRO(m)	LONGITUD(m)
CENTRAL	269,7	16,9	6743,4	0,6	142,8
CONECTOR 1	0,3	0,02	8,5	0,08	0,6
CONECTOR 2	0,3	0,02	8,5	0,08	0,6
CONECTOR 3	0,3	0,02	8,5	0,08	0,6
CONECTOR 4	0,3	0,02	8,5	0,08	0,6
CONECTOR 5	0,3	0,02	8,5	0,08	0,6
CONECTOR 6	0,3	0,02	8,5	0,08	0,6
CONECTOR 7	0,3	0,02	8,5	0,08	0,6
CONECTOR 8	0,3	0,02	8,5	0,08	0,6
CONECTOR 9	0,3	0,02	8,5	0,08	0,6
CONECTOR 10	0,3	0,02	8,5	0,08	0,6
CONECTOR 11	0,3	0,02	8,5	0,08	0,6
CONECTOR 12	0,3	0,02	8,5	0,08	0,6
CONECTOR 13	0,3	0,02	8,5	0,08	0,6
CONECTOR 14	0,3	0,02	8,5	0,08	0,6
CONECTOR 15	0,3	0,02	8,5	0,08	0,6
CONECTOR 16	0,3	0,02	8,5	0,08	0,6
CONECTOR 17	0,3	0,02	8,5	0,08	0,6
CONECTOR 18	0,3	0,02	8,5	0,08	0,6
CONECTOR 19	0,3	0,02	8,5	0,08	0,6
CONECTOR 20	0,3	0,02	8,5	0,08	0,6
CONECTOR 21	0,3	0,02	8,5	0,08	0,6
CUMBRERA 1	0,140	0,009	3,5	0,8	70,5
CUMBRERA 2	0,140	0,009	3,5	0,8	70,5
CUMBRERA 3	0,140	0,009	3,5	0,8	70,5
CUMBRERA 4	0,140	0,009	3,5	0,8	70,5
CUMBRERA 5	0,140	0,009	3,5	0,8	70,5
CUMBRERA 6	0,140	0,009	3,5	0,8	70,5
CUMBRERA 7	0,140	0,009	3,5	0,8	70,5
CUMBRERA 8	0,140	0,009	3,5	0,8	70,5
CUMBRERA 9	0,140	0,009	3,5	0,8	70,5
CUMBRERA 10	0,140	0,009	3,5	0,8	70,5
CUMBRERA 11	0,140	0,009	3,5	0,8	70,5
CUMBRERA 12	0,140	0,009	3,5	0,8	70,5
CUMBRERA 13	0,140	0,009	3,5	0,8	70,5



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co

CUMBRERA 14	0,140	0,009	3,5	0,8	70,5
CUMBRERA 15	0,140	0,009	3,5	0,8	70,5
CUMBRERA 16	0,140	0,009	3,5	0,8	70,5
CUMBRERA 17	0,140	0,009	3,5	0,8	70,5
CUMBRERA 18	0,140	0,009	3,5	0,8	70,5
CUMBRERA 19	0,140	0,009	3,5	0,8	70,5
CUMBRERA 20	0,140	0,009	3,5	0,8	70,5
CUMBRERA 21	0,140	0,009	3,5	0,8	70,5
TOTAL	279,9	17,5	6996,6		

Una vez que se tienen las dimensiones del ducto principal y de los ductos conectores se procede a calcular las dimensiones de ducto de cumbrera, teniendo en cuenta las ecuaciones 7 y 8. La Tabla 4 relaciona estos resultados.

$$Area = B \times A \quad \text{Ecuación 11. Área de un paralelogramo}$$

$$Volumen = A \times B \times C \quad \text{Ecuación 12. Volumen de un paralelepípedo}$$

Tabla 4. Resultados de área y volumen del ducto principal y de los ductos conector y cumbrera.

AREA	CANTIDAD m2	VOLUMEN	CANTIDAD m3
DUCTO PRINCIPAL	269,7	DUCTO PRINCIPAL	40,4
DUCTO CONECTOR	3,8	DUCTO CONECTOR	0,1
DUCTO CUMBRERA	2,426	DUCTO CUMBRERA	207,9
AREA TOTAL	276,5	VOLUMEN TOTAL	248,32

De acuerdo con lo anterior se determina el caudal necesario y el tiempo de llenado estimado del sistema.

$$Caudal \text{ de aire} = \frac{area}{16} * 400$$

$$Caudal\ de\ aire = \frac{278,2\ m^2}{16} * 400$$

$$Caudal\ de\ aire = 6912,88\ CFM$$

$$T = V_t / Q$$

Se obtuvo un tiempo de llenado de 1,3 minutos. Además, teniendo en cuenta que la altura del municipio de Facatativá afecta el funcionamiento del ventilador, y que el ducto principal está ubicado lateralmente, se toma un factor de seguridad de 3, dando como resultado un tiempo de llenado de 3,8 minutos.

- **Cálculo de presión en el sistema de ductos de ventilación**

Ahora se procede con los cálculos de presión y velocidad que se generan en todo el sistema con las siguientes ecuaciones y estimaciones:

$$P_1 + \rho \frac{c_1^2}{2} = P_2 + \rho \frac{c_2^2}{2}.$$

Ecuación 13. Cambio de presión en un sistema de conductos

P1 = presión del conducto principal (Pa)

ρ = la densidad del aire (kg/m³)

c = la velocidad del aire (m/s)

P2 = presión del conducto secundario

$$\Delta P = \rho \frac{c_1^2 - c_2^2}{2}$$

Ecuación 14. Cambio de velocidad en cada tramo

ΔP = variación de la presión (Pa)

ρ = la densidad del aire (kg/m³)

C1 = la velocidad del aire del conducto principal (m/s)

C2 = la velocidad del aire del conducto secundario (m/s)

Datos de presión y velocidad para el ducto principal:

Presión = 175 Pa

Velocidad = 1.39 m/s

Densidad de aire = 1,29 kg/m³

Calculo presión y velocidad para el conector secundario

De igual manera, ahora se procede a realizar los cálculos para el conector secundario despejando a C₂ de la Ecuación 14.

$$C_2 = \sqrt{\frac{2 * \Delta P}{\rho} + C_1^2}$$

$$C_2 = \sqrt{\frac{2 * 175 \text{ Pa}}{1,29 \text{ Kg/m}^3} + 1,39 \text{ m/s}^2}$$

$$C_2 = 16,53 \text{ m/s}$$

Ahora para el conector secundario se calcula la presión 2 despejando P₂ de la Ecuación 14:

$$P_2 = 2 * P_1 + \frac{C_1^2 + C_2^2}{2}$$

$$P_2 = 2 * 175 \text{ Pa} + \frac{1,39 \text{ m/s}^2 + 16,53 \text{ m/s}^2}{2}$$

$$P_2 = 487,6 \text{ Pa}$$

Ahora para el ducto de cumbrera, de igual manera se realiza el cálculo de la velocidad 3 y presión 3

$$C_3 = \sqrt{\frac{2 * \Delta P_2}{\rho} + C_2^2}$$

$$C_3 = \sqrt{\frac{2 * 487,6 \text{ Pa}}{1,29 \text{ Kg/m}^3} + 16,53 \text{ m/s}}$$

$$C_3 = 32,1 \text{ m/s}$$

$$P_3 = 2 * P_2 + \frac{C_2^2 + C_3^2}{2}$$

$$P_3 = 2 * 423 \text{ Pa} + \frac{16,53 \text{ m/s}^2 + 32,1 \text{ m/s}^2}{2}$$

$$P_3 = 1626,4 \text{ Pa}$$

Entonces la presión total del todo el sistema de ductos de ventilación es:

$$P_{\text{totales}} = P_1 + P_2 + P_3$$

$$P_{\text{totales}} = [174 + 487,6 + 1626,4] \text{ Pa}$$

$$P_{\text{totales}} = 2106,97 \text{ Pa}$$

Luego se multiplica las presiones totales del sistema por 21, que es la cantidad de elementos que se encuentran por tramos.

$$P_{\text{totales}} = 2106,97 \text{ Pa} * 21$$

$$P_{\text{totales}} = 44246,4 \text{ Pa}$$

- **Cálculo de pérdidas del sistema de ductos**

Ahora se realiza el cálculo de perdidas que se generan por ductos, singularidades y por recuperación estática teniendo en cuenta la siguientes ecuaciones.

$$\frac{\Delta P}{L} (\text{Pa} / \text{m}) = f \frac{\rho (\text{kg} / \text{m}^3) c^2 (\text{m} / \text{s})}{D_{eq} (\text{m}) 2}$$

Ahora remplazando en la se obtienen las perdidas por conducto del sistema, empleando un factor de fricción de 0,6 para PVC.

Los cálculos de las pérdidas se realizan para cada conducto. En el ducto principal se tiene:

$$\frac{\Delta P}{L} = 0.6 * \frac{1,29 \text{ kg/m}^3}{0,8 \text{ m}} * \frac{1,39^2}{2}$$

$$\frac{\Delta P}{L} = 0,9 \text{ Pa}$$

De igual forma se realizan los cálculos para el conector secundario.

$$\frac{\Delta P}{L} = 0.6 * \frac{1,29 \text{ kg/m}^3}{0,2 \text{ m}} * \frac{1,39^2}{2}$$

$$\frac{\Delta P}{L} = 528,7 \text{ Pa}$$

Ahora para el cálculo del ducto de cumbrera, primero se calcula el diámetro equivalente con la siguiente ecuación:

$$D_{eq} = 1,3 \frac{(H \cdot W)^{0,625}}{(H + W)^{0,25}}$$

Ecuación 15. Diámetro equivalente del ducto de cumbrera

Remplazando en la Ecuación 15 se tiene:

$$D_{eq} = 1,3 \frac{(0,78 * 0,14)^{0,625}}{(0,78 + 0,14)^{0,25}}$$

$$D_{eq} = 0,33 \text{ m}$$

Ahora se reemplaza en la Ecuación 2 y se obtienen las pérdidas:

$$\frac{\Delta P}{L} = 0.6 * \frac{1,29 \text{ kg/m}^3}{0,33 \text{ m}} * \frac{1,39^2}{2}$$

$$\frac{\Delta P}{L} = 1207 \text{ Pa}$$

Las perdidas por singularidad para el ducto principal se obtienen con base en la gráfica 1



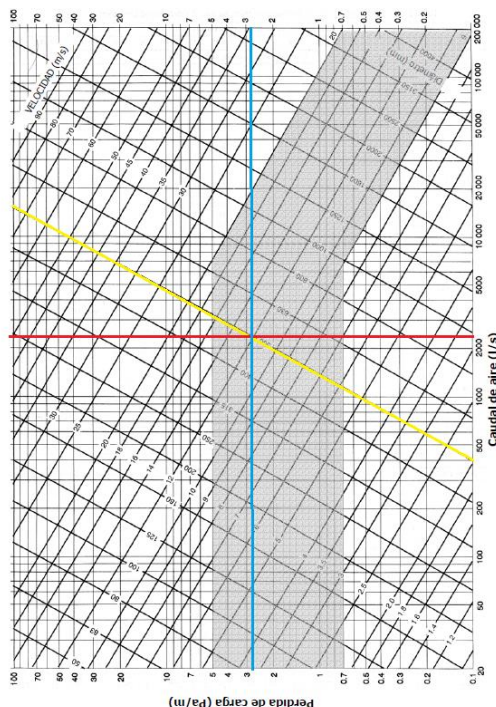
"VIGILADA MINEDUCACIÓN"

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías

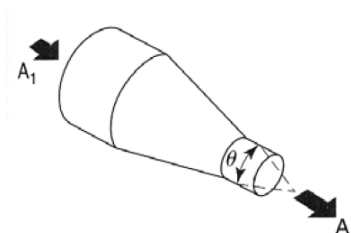


acreditada
INSTITUCIONALMENTE
Res. MEN 2956 de 22 de marzo de 2019, vigencia: 4 años



Grafica 1. Pérdidas por rozamiento de ductos circulares

Con base en la gráfica 1 se obtuvo una pérdida de 2,8 Pa/m. Luego, el cálculo de pérdidas por accesorios se realiza con base en la Figura 10 y la relación de áreas.



A_1/A	θ						
	10°	15°-40°	50°-60°	90°	120°	150°	180°
2	0.05	0.05	0.06	0.12	0.18	0.24	0.26
4	0.05	0.04	0.07	0.17	0.27	0.35	0.41
6	0.05	0.04	0.07	0.18	0.28	0.36	0.42
10	0.05	0.05	0.08	0.19	0.29	0.37	0.43

Figura 10.Tabla de coeficiente de pérdidas en accesorios

$$A = \pi \times r^2 \quad \text{Ecuación 16. Área de una circunferencia}$$

reemplazando para A_1 en la Ecuación 16 tenemos:

$$A_1 = \pi \times l^2$$



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co

$$A_1 = 3,14 \text{ m}^2$$

Ahora de igual forma remplazando para A

$$A = \pi \times 0,38^2$$

$$A = 0,45 \text{ m}^2$$

Aplicando la relación de áreas se tiene:

$$A_1/A = 3,14 \text{ m}^2/0,45 \text{ m}^2 = 6,9$$

De la Figura 10 podemos observar que nos muestra las pérdidas por accesorios que se general por la relación de área de los cambios de diámetro que se presentan en el sistema de ductos, de aquí se toman dos valores teniendo en cuenta la relación de área que se general y así se procese a realizar la interpolación

Interpolando en la de la tabla que relaciona las áreas y tenemos los siguientes valores:

A1/A	θ
	90°
6	0,18
10	0,19

Ahora tenemos que, para un valor de 6,9 tenemos un factor de rozamiento de 0,18225 con un Angulo de 90°. Luego se emplea la siguiente ecuación para las pérdidas por singularidad.

$$\Delta P = K \cdot \rho \cdot \frac{c^2}{2},$$

Luego remplazando en la siguiente ecuación donde k es el factor de rozamiento se tiene:

$$\Delta P = 0,18225 * 1,29 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * \frac{1,39^2}{2}$$

$$\Delta P = 4,77 \text{ Pa/m}$$

De igual forma se calcula para el ducto de cumbrera con la Ecuación 3 y teniendo en cuenta que tiene el mismo factor de rozamiento de 0,18225, se obtiene:

$$\Delta P = 0,18225 * 1,29 \text{ kg/m}^3 * \frac{16,53^2}{2}$$

$$\Delta P = 674,5 \text{ Pa/m}$$

El cálculo de recuperación de presión estática viene dado por la Ecuación 4 que se genera en cada componente del sistema se calcula con la siguiente ecuación:

$$\Delta P_{RE} = 0,75 \rho \frac{c_1^2 - c_2^2}{2}$$

Para el ducto central se tiene:

$$\Delta P = 0,75 * 1,29 \text{ kg/m}^3 * \frac{1,39^2 - 1,39^2}{2}$$

$$\Delta P = 0 \text{ mm.c.a}$$

A continuación, se realiza este cálculo para el conector secundario:

$$\Delta P = 0,75 * 1,29 \text{ kg/m}^3 * \frac{16,53^2 - 1,39^2}{2}$$

$$\Delta P = 153,8 \text{ mm.c.a}$$

Y por último se realiza el cálculo para el ducto de cumbrera:

$$\Delta P = 0,75 * 1,29 \text{ kg/m}^3 * \frac{32,1^2 - 16,53^2}{2}$$

$$\Delta P = 158 \text{ mm.c.a}$$

Luego para las pérdidas totales:

$$\Delta P_{TOTAL} = \sum \Delta P_{COND} + \sum \Delta P_{SING} - \sum \Delta P_{RE}$$

Ecuación 17. Pérdidas totales del sistema

así reemplazando en la Ecuación 17:

$$\Delta P_{\text{totales}} = [\Sigma 0,9 + 528,7 + 1207 + \Sigma 2,8 + 4,77 + 674,5 + \Sigma 0 + 153,8 + 158] Pa$$

$$\Delta P_{\text{totales}} = [1736,7 + 682,11 - 311,8] Pa$$

$$\Delta P_{\text{totales}} = 2106,97 Pa$$

Ahora se obtiene la presión total que debe proporcionar el ventilador teniendo en cuenta la presión encontrada y las pérdidas que se genera en el sistema:

$$P_{\text{presión necesaria}} = 175 pa + 2106,97 Pa$$

$$P_{\text{presión necesaria}} = 2291,97 pa$$

Multiplicando por un factor de seguridad de 1.5 para estimar la carga térmica de aire:

$$Caudal \text{ de aire} = 10369,32 CFM$$

La Tabla 5 recopila las dimensiones de diámetro y longitud de los ductos principal, secundario y de cumbrera obtenidas en este diseño para el sistema de ductos de ventilación

Tabla 5. Dimensiones obtenidas para el sistema de ductos

DATOS	
DIAMETRO PRINCIPAL	0,8 m
DIAMETRO CONECTOR	0,2 m
ALTURA	0,77 m
BASE	0,15 m
LONGITUD DUCTO PRINCIPAL	142,8 m
LONGITUD DUCTO CONECTOR	0,6 m
LONGITUD DUCTO CUMBRERA	70,5 m

Observando la anterior notamos que las pérdidas en el sistema son del 4 %, entonces el ventilador seleccionado deberá tener las siguientes condiciones

$$Caudal \text{ de aire necesario} = 10369,32 CFM$$

$$\text{Presión necesaria} = 2291,97 Pa$$

$$\text{Velocidad} = 1.39 \text{ m}^2/\text{s}$$

Basado en los cálculos adquiridos para el suministro de aire, se debe escoger un ventilador axial que suministre el caudal y presión necesario. Se escogió del proveedor Energinn el ventilador axial **2CC2714** que suministra un caudal de 14705,04 CFM. La Figura 11 muestra las características del ventilador seleccionado.

Para la selección del ventilador se tuvo en cuenta otros proveedores que se muestran las fichas técnicas en el anexo 5, para elección del ventilador axial se tuvo en cuenta el costo de dicho ventilador y las características requeridas.

Ficha técnica 2021		VENTILADOR / EXTRACTOR TRIFÁSICO PARA INDUSTRIA	
Código: 10010 / Referencia: 2CC1714-3F		La venta de estos equipos se realiza únicamente a través de distribuidores autorizados a nivel país. Consulte el precio final con su distribuidor de confianza.	
Datos Eléctricos / Electrical Data		Datos generales / General data	Datos mecánicos / Mechanical Data
Tensión nominal Rated motor voltage	220V YY 440V V	Diámetro del cilindro Diameter Cylinder	710 mm
Frecuencia Frequency	60Hz	Tipo de aspa Type of blade	Aluminio
Potencia Nominal Rate power	(kW) 3,77	Peso del motor Weight in kg	60,55 kg
Velocidad Nominal Rated motor speed	1742 rpm	Material carcasa frame material	Lámina Cold Roll
Caudal Flow	6,94 m ³ /s	Grado de protección Degree of protection	IP 54
Corriente Nominal Nominal current	12,6 6,3 A	Método de refrigeración Method of cooling	IC 410
Nivel de ruido Noise level	91 dB	Clase de aislamiento Insulation	Clase F (155°C)
Presión Pressure	175 Pa	Tipo de servicio Duty type	S1
Clase de eficiencia Efficiency class	AMCA 205	Sentido de giro Direction of rotation	Horario
Eficiencia Efficiency	32,7%		
		Condiciones ambientales / Environmental conditions	
		Temperatura ambiental Ambient temperature	-15.0°C / a+40°C
		Altitud sobre el nivel del mar Altitude above sea level	1000msm
		Normas internacionales Standards and specifications	ASHRAE 51 AMCA

Figura 11 Ventilador axial 2CC2714-3F

Cálculo de cantidad de material para los ductos

Para el cálculo del área neta de los ductos que constituyen el sistema se utilizó la Tabla 6 para determinar el factor de control de rozamiento de los ductos. Puesto que no hay valores disponibles para una un invernadero, se decidió tomar los valores para una residencia, 5 m/s para el ducto principal y de 3 m/s para los ductos secundarios. Con estos valores se obtuvieron los resultados mostrados en la Tabla 7.

Tabla 6. Velocidades recomendadas para sistemas de bajas velocidades

VELOCIDADES RECOMENDADAS PARA SISTEMAS DE BAJA VELOCIDAD
(Pies/min-m/seg)

Aplicación	Factor de control del nivel de ruido (conductos principales)	Factor de control de rozamiento en conductos			
		Conductos principales		Conductos derivados	
		Suministro	Retorno	Suministro	Retorno
Residencias	600 - 3	1000 - 5	800 - 4	600 - 3	600 - 3
Apartamentos Dormitorios de hotel, hospitales	1000 - 5	1500 - 7,5	1300 - 6,5	1200 - 6	1000 - 5
Oficinas particulares. Despacho de directores. Bibliotecas	1200 - 6	2000 - 10	1500 - 7,5	1600 - 8	1200 - 6
Cine, teatro Auditorios	800 - 4	1300 - 6,5	1100 - 5,5	1000 - 5	800 - 4
Oficinas públicas Restaurantes Comercios de primera Bancos	1500 - 7,5	2000 - 10	1500 - 7,5	1600 - 8	1200 - 6
Comercios de categoría media Cafeterías	1800 - 9	2000 - 10	1500 - 7,5	1600 - 8	1200 - 6
Locales industriales	2500 - 12,5	3000 - 15	1800 - 9	2200 - 11	1500 - 7,5

Para el cálculo de área neta que se genera en todo el sistema de ventilación de ductos se tiene en cuenta principalmente el caudal que genera el ventilador se extrae de los valores de suministro de velocidad para ductos principales y secundarios de la Tabla 6, y se toma el área perimetral de cada uno de los tramos multiplicándose por las pérdidas del 20% que equivalen a 1.2, para así finalmente dar el área neta de cada tramo, como se muestra a continuación:

Área perimetral = $2 * \pi * R * L$ **Ecuación 18. Perímetro del conducto**

Tabla 7. Cálculo del área total del material para la elaboración de los ductos

N° Ducto	Caudal (CFM)	Vel(FPM)	Largo(m)	Área perimetral (m2)	Perdidas 20%	Area neta (m2)
1	6912,88	5	6,80	17,09		20,5083
2	23,60	3	0,60	0,38		0,4524
3	0,5	3	70,5	14,30		17,1569
4	6888,78	5	6,80	17,09		20,5083
5	23,60	3	0,60	0,38		0,4524
6	0,5	3	70,5	14,30		17,1569
7	6865	5	6,80	17,09		20,5083
8	23,60	3	0,60	0,38		0,4524
9	0,5	3	70,5	14,30		17,1569



UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



"VIGILADA MINEDUCACIÓN"

Res. MEN 2956 de 22 de marzo de 2019, vigencia: 4 años

10	6840,58	5	6,80	17,09		20,5083
11	23,60	3	0,60	0,38		0,4524
12	0,5	3	70,5	14,30		17,1569
13	6816,48	5	6,80	17,09		20,5083
14	23,60	3	0,60	0,38		0,4524
15	0,5	3	70,5	14,30		17,1569
16	6792	5	6,80	17,09		20,5083
17	23,60	3	0,60	0,38		0,4524
18	0,5	3	70,5	14,30		17,1569
19	6768	5	6,80	17,09		20,5083
20	23,60	3	0,60	0,38		0,4524
21	0,5	3	70,5	14,30		17,1569
22	6744	5	6,80	17,09		20,5083
23	23,60	3	0,60	0,38		0,4524
24	0,5	3	70,5	14,30		17,1569
25	6720	5	6,80	17,09		20,5083
26	23,60	3	0,60	0,38		0,4524
27	0,5	3	70,5	14,30		17,1569
28	6696	5	6,80	17,09		20,5083
29	23,60	3	0,60	0,38		0,4524
30	0,5	3	70,5	14,30		17,1569
31	6672	5	6,80	17,09		20,5083
32	23,60	3	0,60	0,38		0,4524
33	0,5	3	70,5	14,30		17,1569
34	6648	5	6,80	17,09		20,5083
35	23,60	3	0,60	0,38		0,4524
36	0,5	3	70,5	14,30		17,1569
37	6624	5	6,80	17,09		20,5083
38	23,60	3	0,60	0,38		0,4524
39	0,5	3	70,5	14,30		17,1569
40	6600	5	6,80	17,09		20,5083
41	23,60	3	0,60	0,38		0,4524
42	0,5	3	70,5	14,30		17,1569
43	6575	5	6,80	17,09		20,5083
44	23,60	3	0,60	0,38		0,4524
45	0,5	3	70,5	14,30		17,1569
46	6551	5	6,80	17,09		20,5083
47	23,60	3	0,60	0,38		0,4524



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co

48	0,5	3	70,5	14,30		17,1569
49	6527	5	6,80	17,09		20,5083
50	23,60	3	0,60	0,38		0,4524
51	0,5	3	70,5	14,30		17,1569
52	6503	5	6,80	17,09		20,5083
53	23,60	3	0,60	0,38		0,4524
54	0,5	3	70,5	14,30		17,1569
55	6479	5	6,80	17,09		20,5083
56	23,60	3	0,60	0,38		0,4524
57	0,5	3	70,5	14,30		17,1569
58	6455	5	6,80	17,09		20,5083
59	23,60	3	0,60	0,38		0,4524
60	0,5	3	70,5	14,30		17,1569
61	6431	5	6,80	17,09		20,5083
TOTAL METROS CUADRADOS DE SUPERFICIE DE DUCTO (AREA TOTAL)						782,86

Por consiguiente, el área total de material para el sistema de ductos de ventilación es de 782,86 m² y el material escogido para su fabricación es PVC, referencia comercial plástico AgrocLEAR calibre 6 con dimensiones de 0,80 x118 metros, como se muestra en la Figura 12.

Plástico Invernadero AgrocLEAR

Plástico de invernadero con alta resistencia de la degradación por efecto de la radiación solar. Ideal para cultivos y ciclos cortos sin tratamientos de químicos fuertes dentro del invernadero.
Lámina coextruída estabilizada con Hls y antioxidante, desarrollada para cubiertas de invernaderos.



Figura 12. Plástico seleccionado para la fabricación de los ductos para los invernaderos

El número de rollos que se llevaría para la fabricación de los ductos teniendo en cuenta el área total es:



UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL
Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



$$\text{Área total} = 782,86 \text{ m}^2$$

$$\text{Área del plástico} = 0,80 \times 118 = 94,4 \text{ m}^2$$

$$N^{\circ} \text{ de Rollos} = \frac{\text{Área total}}{\text{Área del plástico}}$$

$$N^{\circ} \text{ de Rollos} = \frac{786,82 \text{ m}^2}{94,4 \text{ m}^2}$$

$$N^{\circ} \text{ de Rollos} = 8,3 \approx 9 \text{ Rollos de plástico agroclear}$$

La reducción en el consumo energético del ventilador se realizará mediante un circuito electrónico que medirá la presión en tiempo real en el sistema para así, después de completar su llenado, se reduzca el valor de las RPM cuando se produzca una sobrepresión, controlando de esta manera el caudal y por ende, el consumo. Se emplearon las siguientes ecuaciones:

$$\text{caudal } Q_v = q_{vo} * (n/n_o) \quad \text{Ecuación 19. Variación del caudal del ventilador axial}$$

Donde tenemos que:

q_{vo} = Caudal suministrado por el ventilador

n = RPM deseadas en el ventilador

n_o = RPM del ventilador

$$\text{presión } P_f = p_{fo} * (n/n_o)^2 \quad \text{Ecuación 20. Variación de la presión del ventilador axial}$$

Donde tenemos que:

p_{fo} = Presión suministrada por el ventilador

n = RPM deseadas en el ventilador

n_o = RPM del ventilador

$$\text{potencia } P_r = p_{ro} * (n/n_o)^3 \quad \text{Ecuación 21. Variación de la potencia del ventilador axial}$$



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co

Donde tenemos que:

p_{fo} = Potencia suministrada por el ventilador

n = RPM deseadas en el ventilador

n_o = RPM del ventilador

El circuito está conformado por un Dimmer, un sensor I2C y un microcontrolador. Las características del circuito se presentan en la Figura 13.

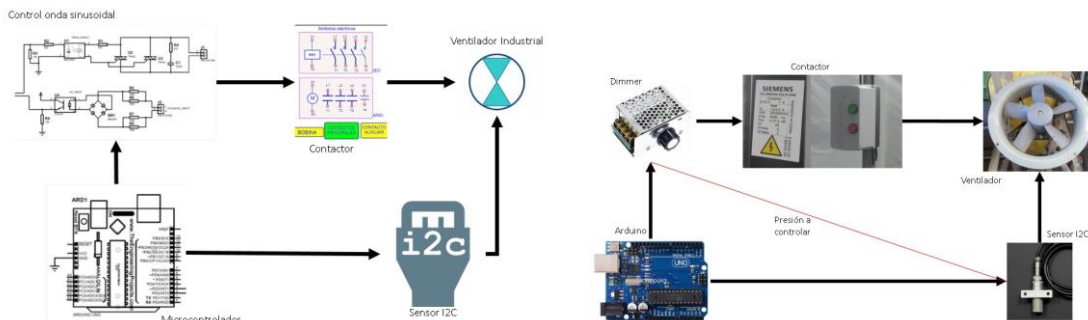


Figura 13. Montaje del circuito electrónico

El porcentaje estimado para la reducción de las RPM del ventilador se estima en un 37.5% que equivale a 1,5 veces menor que la velocidad nominal del ventilador, entonces teniendo en cuenta eso las nuevas RPM serán:

$$velocidad\ nominal\ del\ ventilador\ (RPM) = \frac{velocidad\ en\ RPM}{valor\ de\ reducción\ necesitado}$$

Ecuación 22. Variación de velocidad del ventilador

Reemplazando en la ecuación anterior:

$$velocidad\ nominal\ del\ ventilador\ (RPM) = \frac{1742}{1.5}$$

$$velocidad\ nominal\ del\ ventilador\ (RPM) = 1161,33$$

La nueva velocidad nominal es 1161,33 RPM, por tanto:

Para el nuevo caudal suministrado por el ventilador tenemos:



UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL
Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



$$\text{caudal } Q_v = q_{vo} * (n/n_o)$$

$$\text{caudal } Q_v = 6,94 \text{ m}^3/\text{s} * (1161,33/1742)$$

$$\text{caudal } Q_v = 4,6 \text{ m}^3/\text{s}$$

Luego la nueva presión se estima de la siguiente manera

$$\text{presión } P_f = p_{fo} * (n/n_o)^2$$

$$\text{presión } P_{Fo} = 175 \text{ Pa} * (1161,33/1742)^2$$

$$\text{presión } P_{Fo} = 77,8 \text{ Pa}$$

Entonces la nueva potencia que tendrá el ventilador es

$$\text{potencia } P_r = p_{ro} * (n/n_o)^3$$

$$\text{potencia } P_{ro} = 3,77 \text{ Kw} * (1161,33/1742)^3$$

$$\text{potencia } P_{ro} = 1,117 \text{ Kw}$$

De esta manera obtenemos todas las características nuevas que contara el ventilador, por consiguiente, ahora procedemos a calcular el costo energético con el que va a realizar el funcionamiento.

Costo de energía = Potencia Eléctrica (kW) x Tiempo de uso (h) x Precio por kWh (\$) x mes (días)

$$\text{Costo de energía} = 1,117 \text{ KW} \times 13 \text{ Horas} \times \$700 \times 30 \text{ días}$$

$$\text{Costo de energía} = \$304.951$$

El costo real sin la regulación implementada es de **\$ 1.029.210**, con el circuito electrónico es de \$ 724.259, equivalente a una disminución del 30% en el consumo energético. Al comparar el valor actual con el que se calculó para el sistema actual es evidente un incremento en el costo de energía, pero esto es debido a que las características del ventilador axial del nuevo sistema cambian con respecto al actual, teniendo en cuenta que



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



ahora si se suministrará el caudal necesario para el funcionamiento del sistema de ductos de ventilación.

5.4 PLANOS DEL SISTEMA DE DUCTOS DE LA FINCA DE MERCEDES

Los planos de instalación y de detalle se presentan en el anexo 4.

5.5 LISTADO DE MATERIALES, ASESORIOS Y COSTOS

La Tabla 8 relaciona los costos, materiales, la cantidad y tipo de accesorios, cantidad de plástico para la fabricación de los ductos y demás elementos necesarios para realizar el montaje del sistema en el invernadero.

Tabla 8. Costos, materiales, la cantidad y tipo de accesorios, cantidad de plástico para la fabricación de los ductos y demás elementos necesarios para realizar el montaje del sistema en el invernadero.

LISTADO DE MATERIALES	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	VALOR TOTAL
PLASTICO AGROCLEAR 0.80 X 118 CAL 6	RLL	9	\$ 44.000	\$ 396.000
TUBO DURMAN CONDUIT 1/2	UND	455	\$ 3.800	\$ 1.729.000
BASTONES DE 1/4	UND	910	\$ 300	\$ 273.000
SIFONES DE 3 X 4	UND	40	\$ 2.590	\$ 103.600
CINTA	M	8	\$ 4.553	\$ 36.424
ALAMBRE	KG	2	\$ 4.800	\$ 9.600
DIMMER	UND	1	\$ 46.000	\$ 46.000
MICROCONTROLADOR	UND	1	\$ 40.000	\$ 40.000
SENSOR I2C	UND	1	\$ 130.000	\$ 130.000
VENTILADOR AXIAL	UND	1	\$ 1.500.000	\$ 1.500.000
Total				\$ 4.263.624

El costo total del sistema asciende a \$4.263.624 pesos.

6. OTRAS ACTIVIDADES

Adicional al diseño sistema de ductos de la finca mercedes, durante la práctica desarrollada se participó en dos grandes actividades como se muestra a continuación:

1. Se realizó el cálculo y diseño de las líneas de vidas para las fincas de la compañía que se utilizarán en la limpieza de los reservorios, como se muestra en la Figura 14. Esta



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co

línea se implementará en cada finca, dado que se presentan problemas para realizar esta operación. Se estima empezar en el reservorio de la finca san mateo mostrada en la Figura 15.

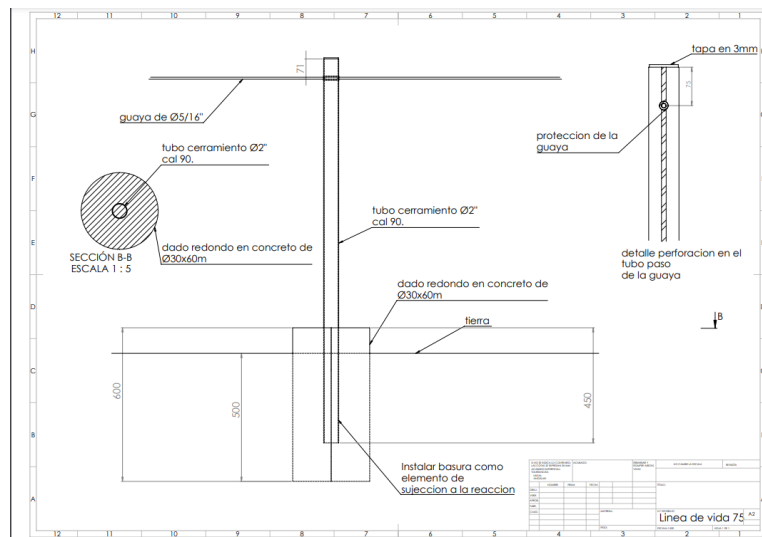


Figura 14. Planos de líneas de vida reservorio finca san mateo



Figura 15. Distribución de la línea de vida en el reservorio de la finca san Carlos

- En la finca palmas ubicada en el municipio de Tocancipá se realizó el apoyo para el diseño y el estudio de las rutas donde se ubicará el teleférico vía que ayudará para el transporte de la flor. En esta actividad se hizo un estudio del terreno por donde se ubicará este proyecto, para ello se tomaron medidas para verificar el espaciamiento con el que se cuenta para el montaje, planteando la ruta como se evidencia en la Figura 16.

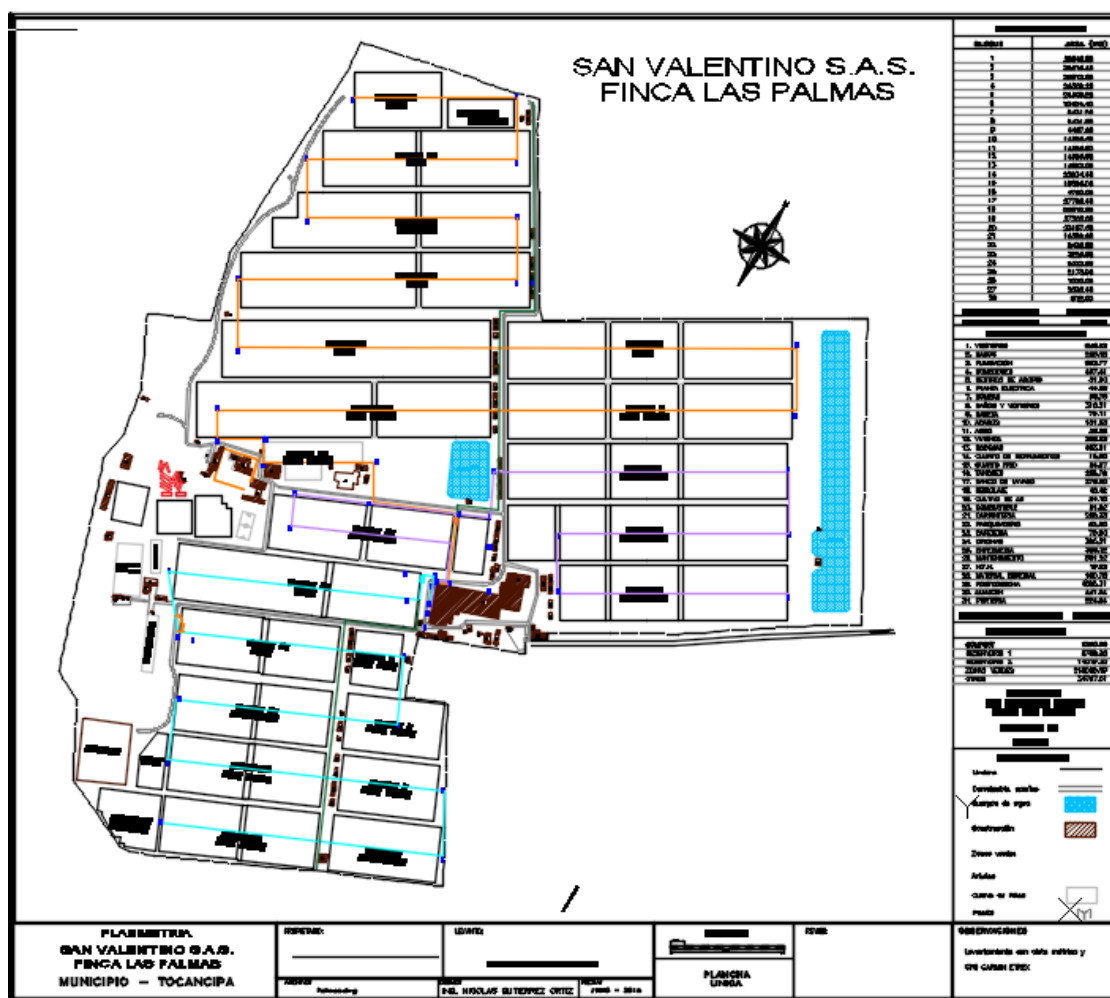


Figura 16. Planos de rutas para teleférico vía finca palmas

En este proyecto se tuvo en cuenta que dentro de la finca hay pasos de camiones y tractores, por tal razón, se realizaron en una tabla de Excel cálculos de pendientes de las vías que permitan que las flores que están siendo transportadas por el sistema no interfieran con el

paso de camiones y tractores que pasan por la zona, como observamos en la Tabla 9. De igual forma también se realizaron cálculos de tiempo para la llegada de la flor a la poscosecha.

Tabla 9. Pendientes para la ruta de teleférico

ITEM	BLOQUE DE SALIDA	BLOQUE DE ENTRADA	NUMERO DE NAVES SALIDA	NUMERO DE NAVES ENTRADA	DISTANCIA DE SUBIDA	DISTANCIA DE BAJADA	PENDIENTE SUBIDA	PENDIENTE DE BAJADA
1	BLOQUE 10	BLOQUE 6	8	7	60,8	58,6	3,782894737	3,924914676
2	BLOQUE 7	BLOQUE 11	7	7	59,1	54	3,891708968	4,259259259
3	BLOQUE 12	BLOQUE 8	8	7	60,4	55,2	3,80794702	4,166666667
4	BLOQUE 9	BLOQUE 13	7	7	56,1	55,6	4,099821747	4,136690647
5	BLOQUE 13	BLOQUE 14	4	7	27,2	80,18	2,573529412	1,995510102
1	TRAMO 2	BLOQUE 3	x	8	100,36	58,63	2,291749701	3,922906362
2	TRAMO 10	TRAMO 11	x	x	66,89	55	3,438481088	4,181818182
1	BLOQUE 18	BLOQUE 5	8	10	67,2	70	3,422619048	3,285714286
2	BLOQUE 17	BLOQUE 4	8	8	66,4	56,4	3,463855422	4,078014184
3	BLOQUE 16	TRAMO 16	X	X	14,47	X	3,455425017	X
3	TRAMO 16	TRAMO 17	X	X	52,9	X	3,402646503	X
4	TRAMO 19	TRAMO 20	X	X	X	16,02	X	3,745318352

7. PROPUESTA DE MEJORAMIENTO

El sistema de ductos de ventilación actual del invernadero espacial de la empresa Elite Flower ubicado en la finca mercedes emplea un mayor tiempo de llenado del requerido lo que podría comprometer la cosecha de las flores, además, de presentar mayores consumos energéticos, por tal razón, se recomienda implementar el nuevo diseño de sistemas de ductos diseñado durante la práctica empresarial, lo que reducirá notablemente el tiempo de llenado y disminuirá el consumo energético del invernadero espacial

8. APORTES DEL ESTUDIANTE

Los aportes realizados a la empresa se describen a continuación:

- Un sistema de ductos diseñado para el invernadero espacial de la finca de mercedes que incluye planos de construcción y detalle, listado de materiales, accesorios y sus respectivos costos.



UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



- Un circuito de optimización de presión con accesorios, listado de materiales y respectivos costos.
- Instructivo del instalación y parámetros para el sistema de ductos.
- Planos y a detalle de rutas para montaje de teleférico vía en la finca de palmas municipio de Tocancipá.
- Diseño y montaje de línea de vida para reservorio en la finca san mateo.

9. CONCLUSIONES

Se diseño un sistema de ductos de la finca de mercedes que cuenta con un ducto central circular de 0,7 metros de diámetro y una longitud de 143 metros, conectores secundarios circulares de 0,2 metros de diámetro y longitud de 0,6 metros, y ductos de cumbrera con forma de paralelogramo de 0,15x0,84 metros que cuenta para su unión 42 sifones de 3x4” para su unión.

Se tuvo una Reducción en el consumo energético de 20 % gracias al circuito implementado en el ventilador axial.

Este sistema de ventilación puede ser aprovechado en otros invernaderos ya que disminuye el tiempo de llenado en sistema de ductos de ventilación.

10. RECOMENDACIONES:

- Disminuir el tiempo de entrega de los órdenes de compras.
- Supervisar la instalación de los ductos.
- Evaluar el estado de los ductos con mayor frecuencia para evitar inconvenientes en el sistema.



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL
Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



11. BIBLIOGRAFÍA

- [1] The Elite Flower SAS CI | | Colombian B2B Marketplace. (s. f.). Recuperado 20 de septiembre de 2022, de <https://b2bmarketplace.procolombia.co/es/elite-flower-sas-ci-9157>
- [2] Family Roots – Elite Flower. (s. f.). Recuperado 20 de septiembre de 2022, de <https://www.eliteflower.com/family-roots/>
- [3] Pulido, D. A. G. (s. f.-a). Elite Flower Farmers S.A.S. prezi.com. Recuperado 20 de septiembre de 2022, de <https://prezi.com/ppndavvunzbq/elite-flower-farmers-sas/>
- [4] Sistema de distribución del aire. Cálculo de conductos. <https://sumyteck.com/files/Calculo%20de%20conductos.pdf>
- [5] Motortico. 2018. Efecto de la altitud en el funcionamiento del motor eléctrico
- [6] (carrier. Manual de aire acondicionado. Editorial Boixareu)
- [7] Cálculo de redes de distribución de aire (III). (2016, 23 octubre). CoolProject. <https://coolproject.es/2016/10/23/calculo-redes-distribucion-aire-iii/>
- [7] Elite Flower – By Hannaford. (s. f.). <https://eliteflower.com/>
- [8] Hojas técnicas Leyes de los ventiladores – S&P. (s. f.). <https://www.solerpalau.com/es-es/hojas-tecnicas-leyes-de-los-ventiladores/>



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co

ANEXOS

Anexo 1



Anexo 1. Estado de los ductos de la finca de mercedes



"VIGILADA MINEDUCACIÓN"

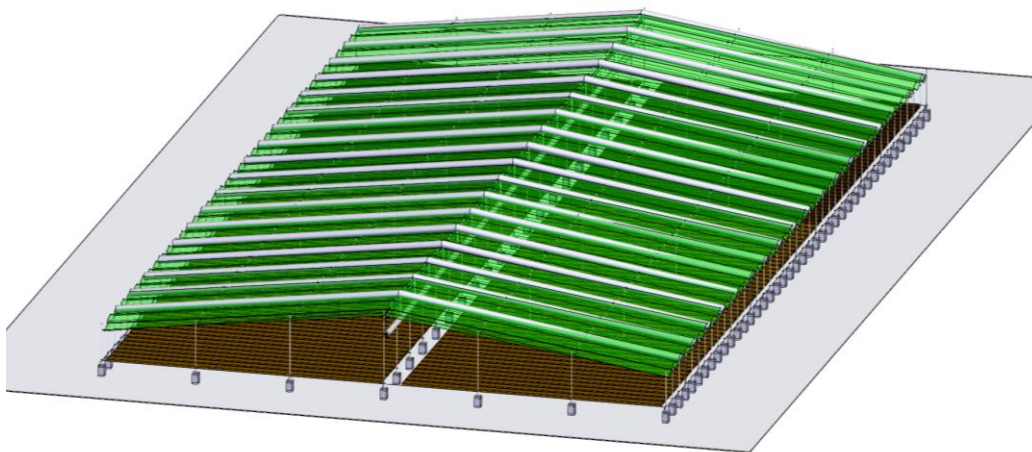
UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL
Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



acreditada
INSTITUCIONALMENTE
Res. MEN 2956 de 22 de marzo de 2019, vigencia: 4 años

Anexo 2



Anexo 2. Ducto instalado en el centro del bloque



Certificado GP 134-1



ISO 9001

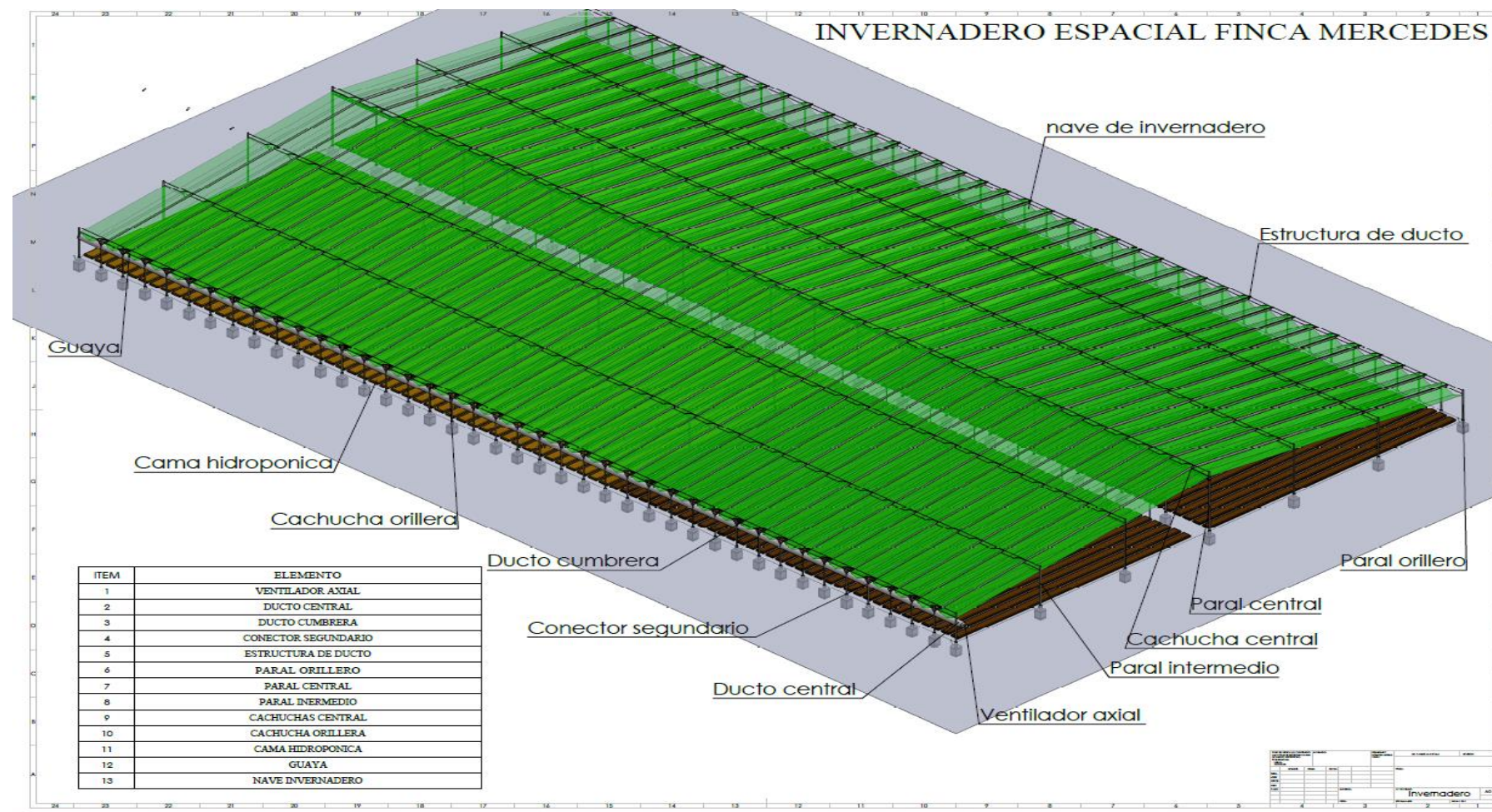
Certificado SC 5278-1

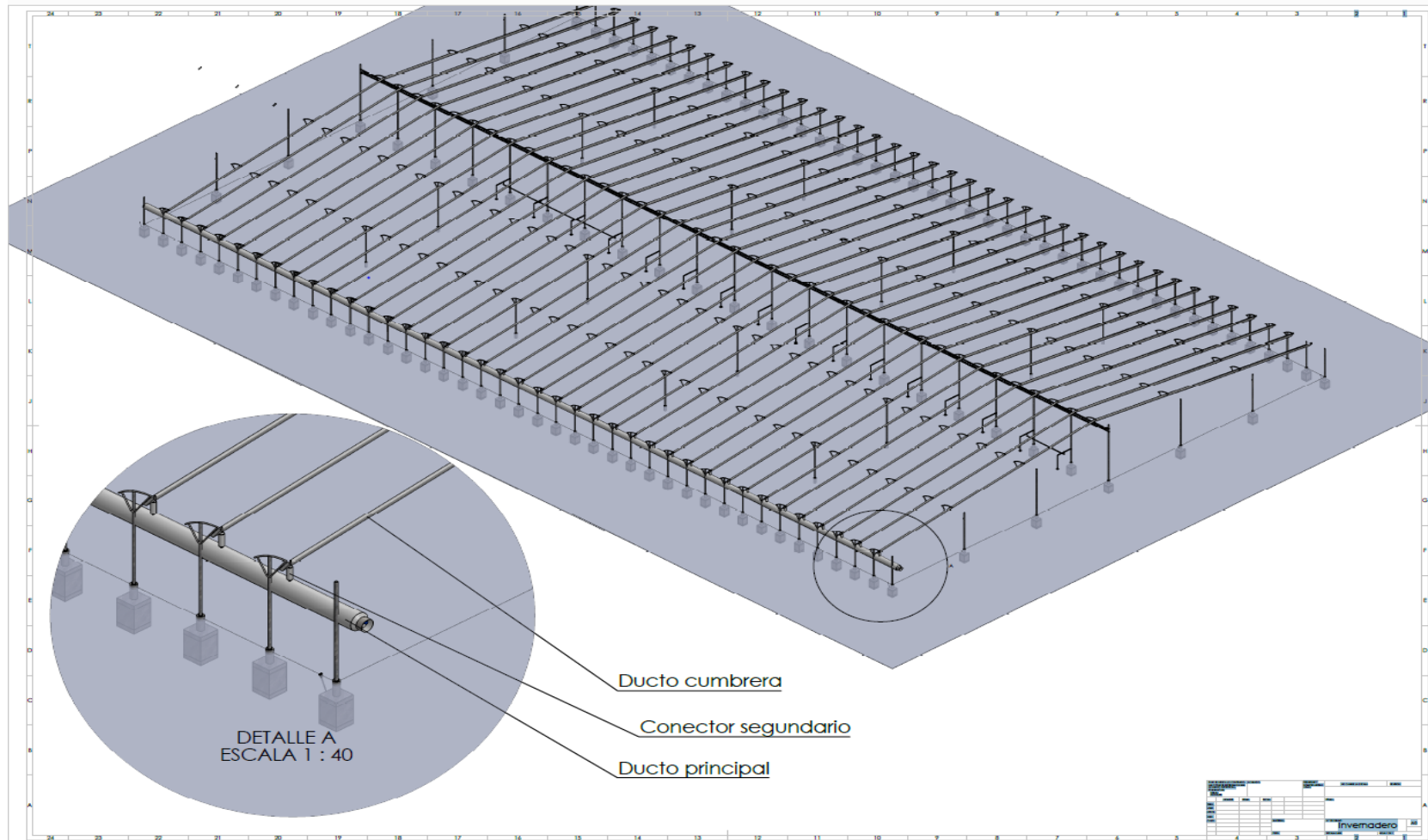


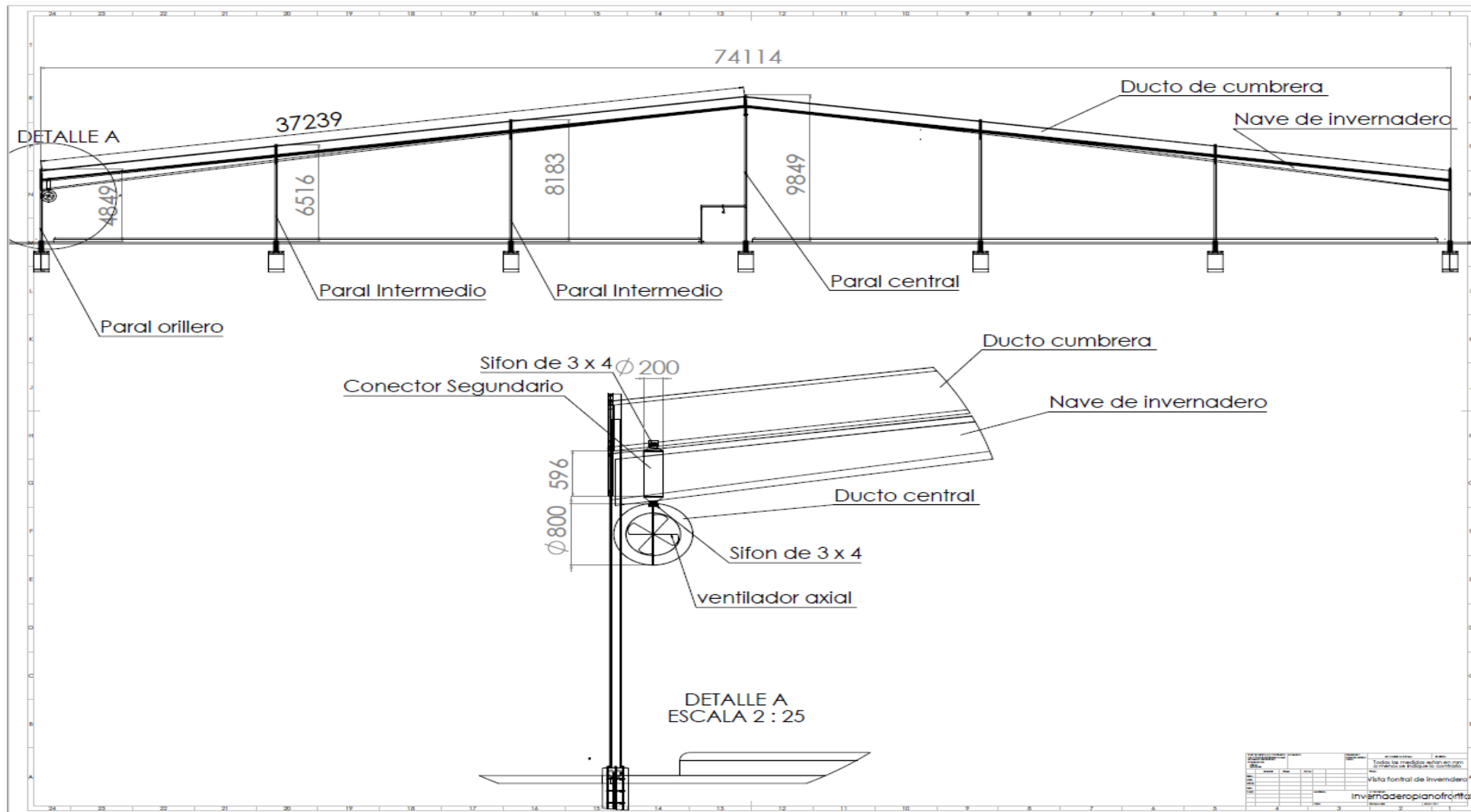
Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

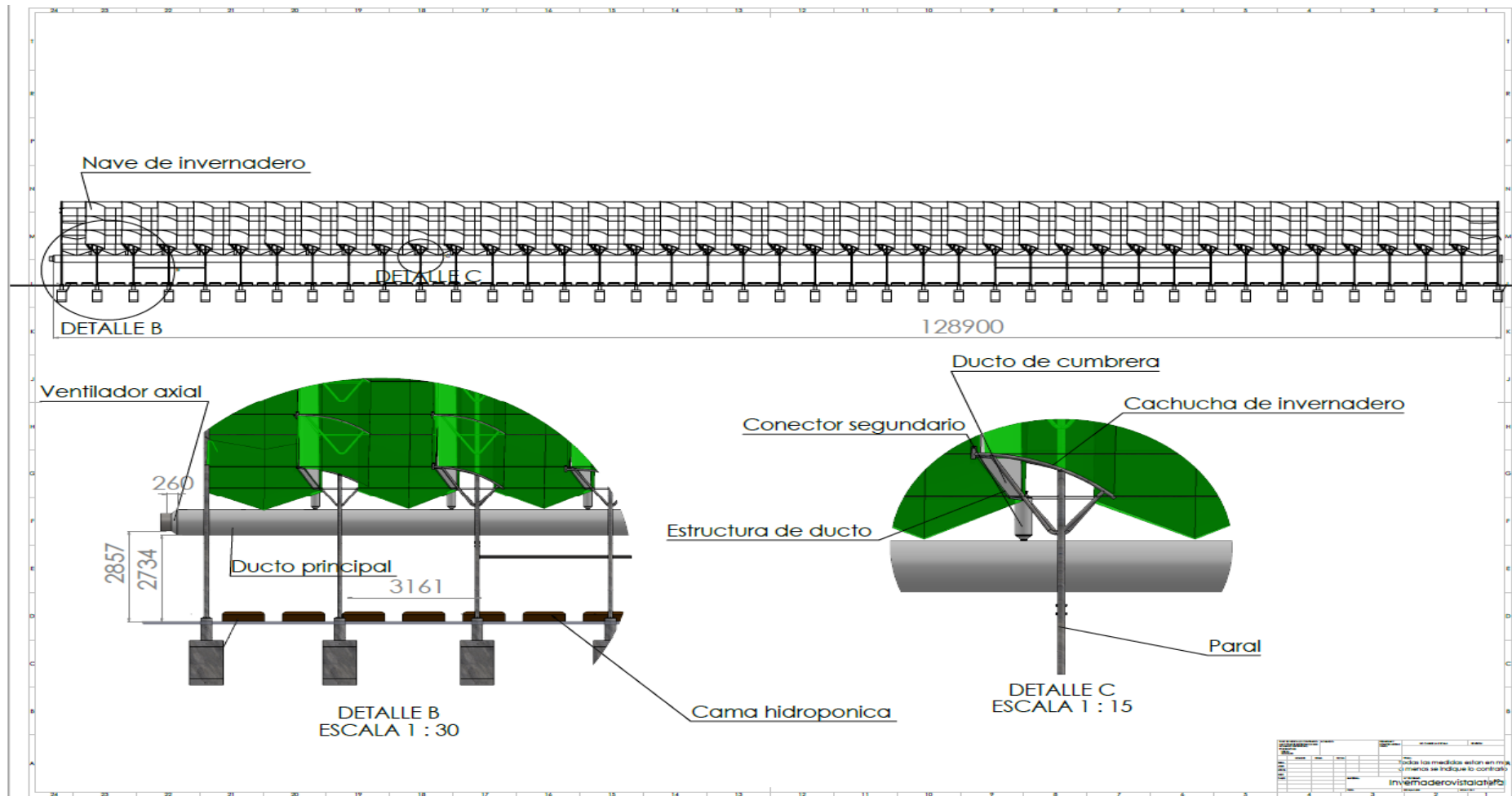
Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co

Anexo 4











"VIGILADA MINEDUCACIÓN"

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL
Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



Res. MEN 2956 de 22 de marzo de 2019, vigencia: 4 años

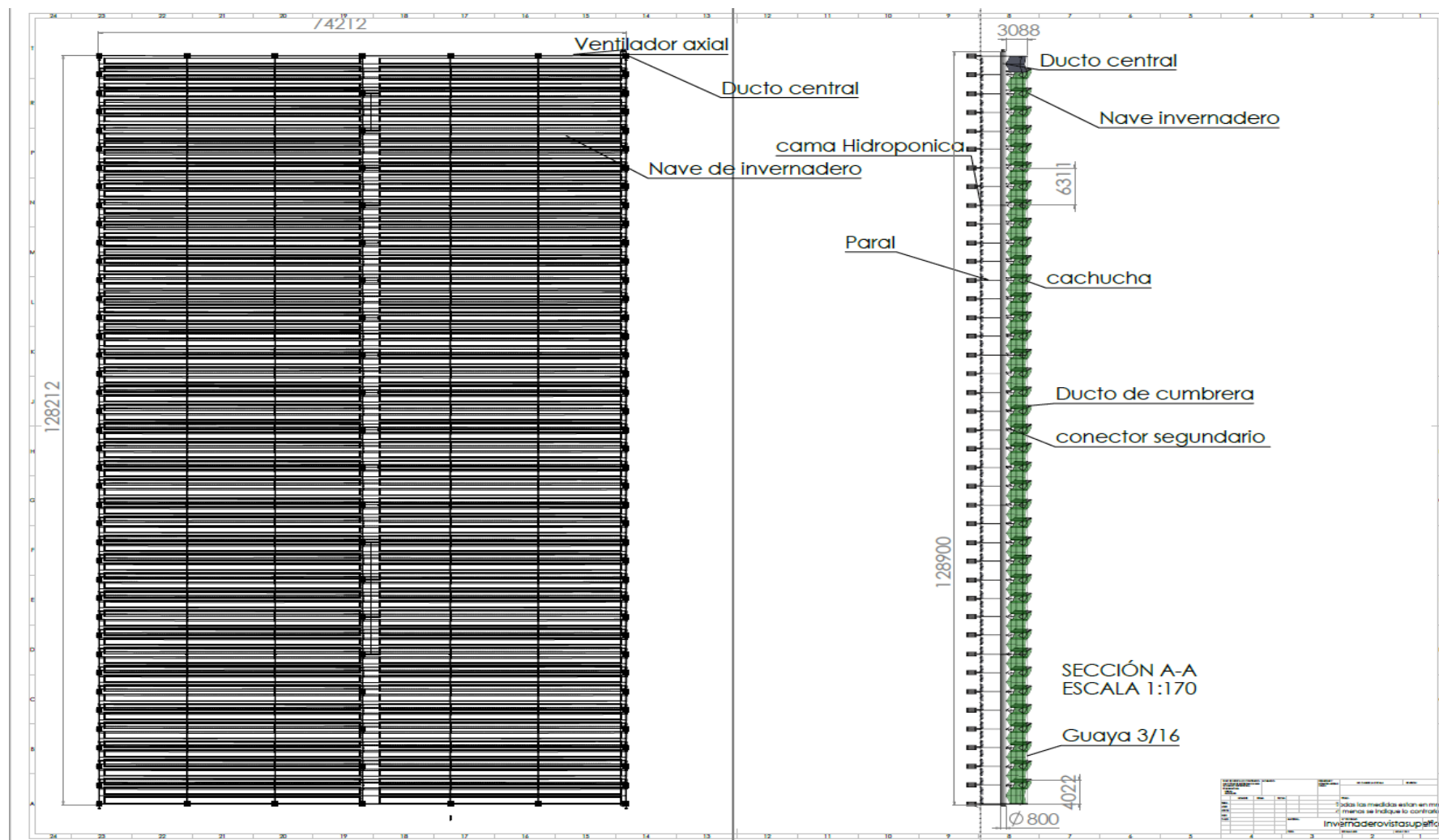
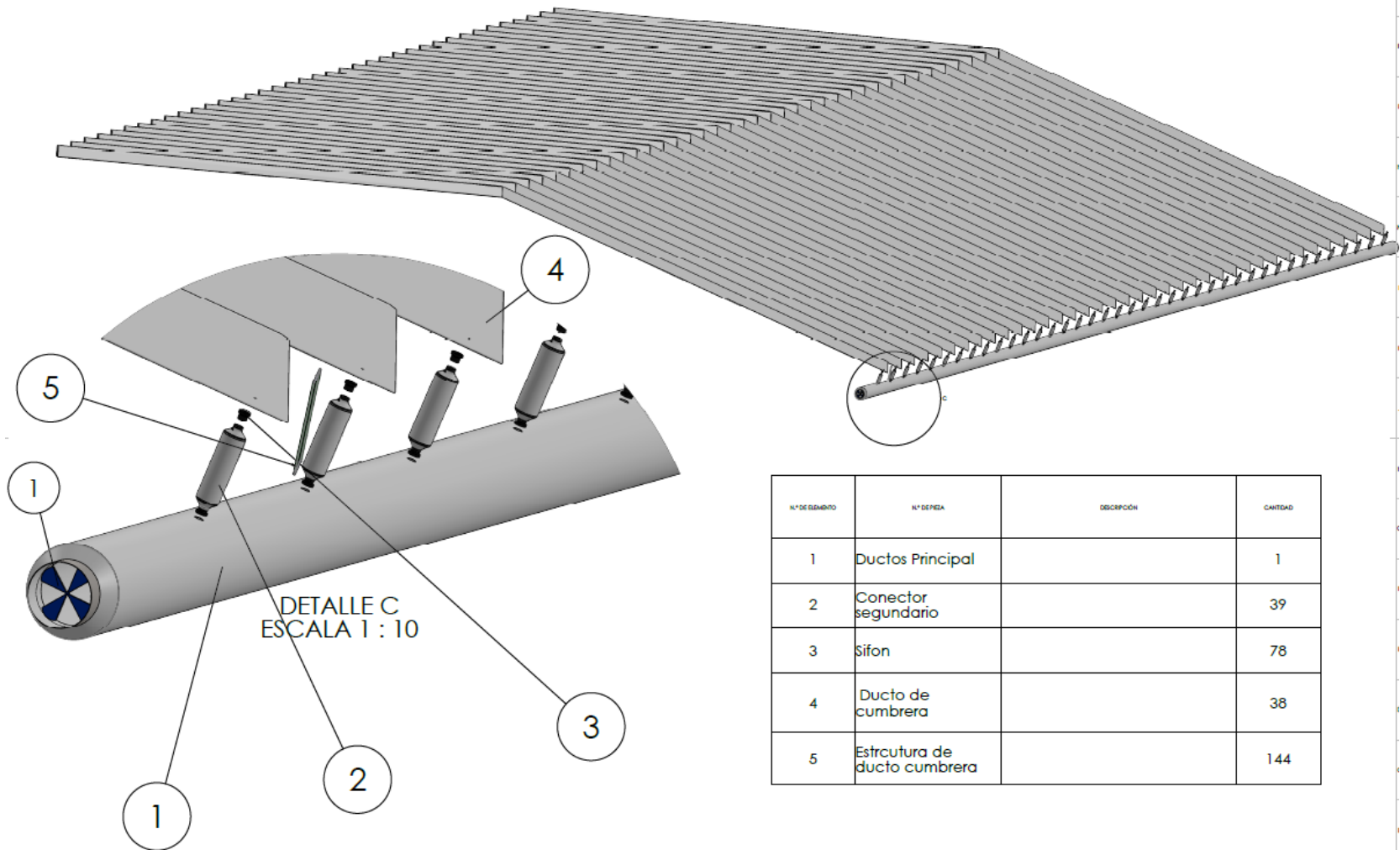
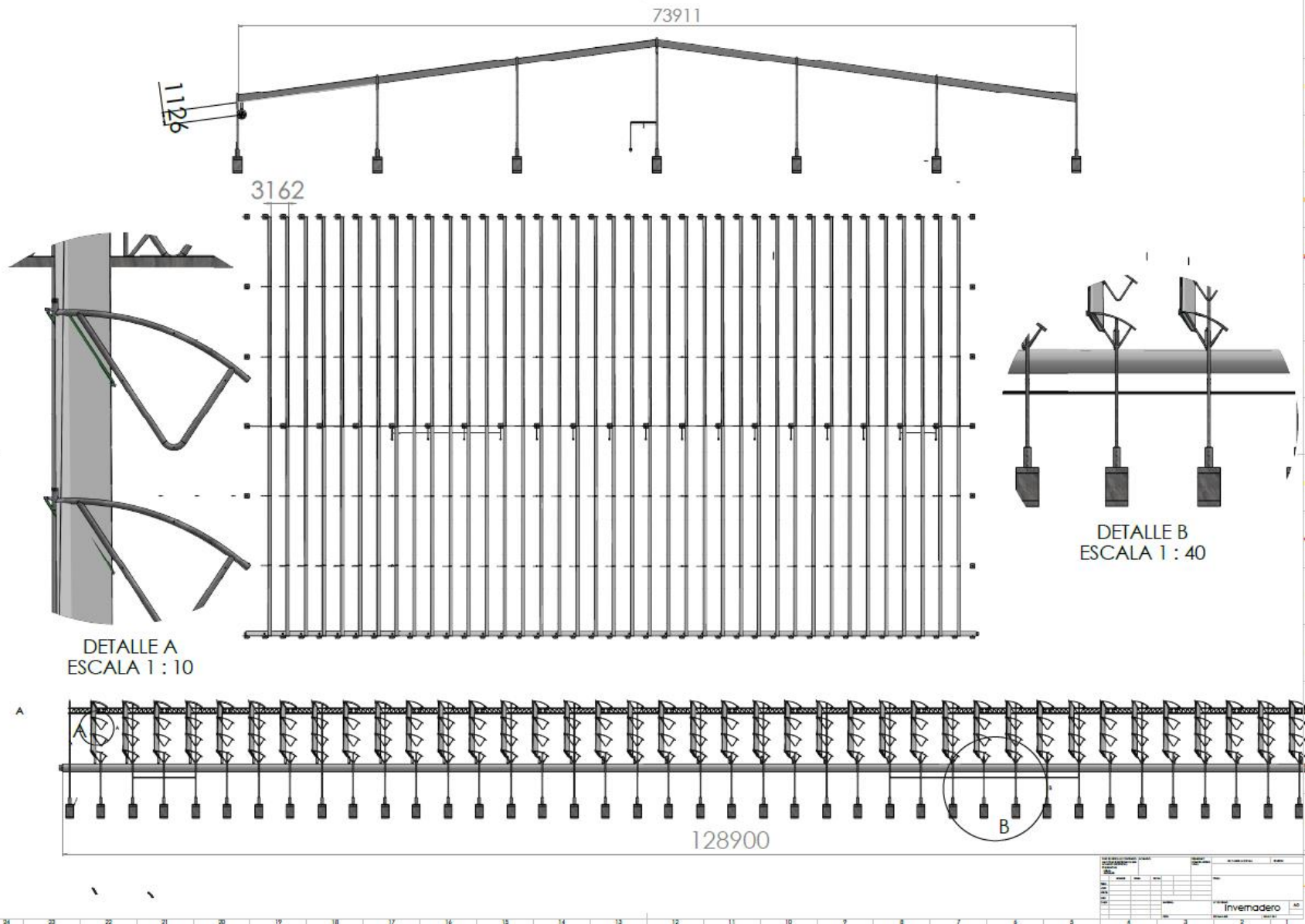


Figura 17. Planos de instalación

Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co







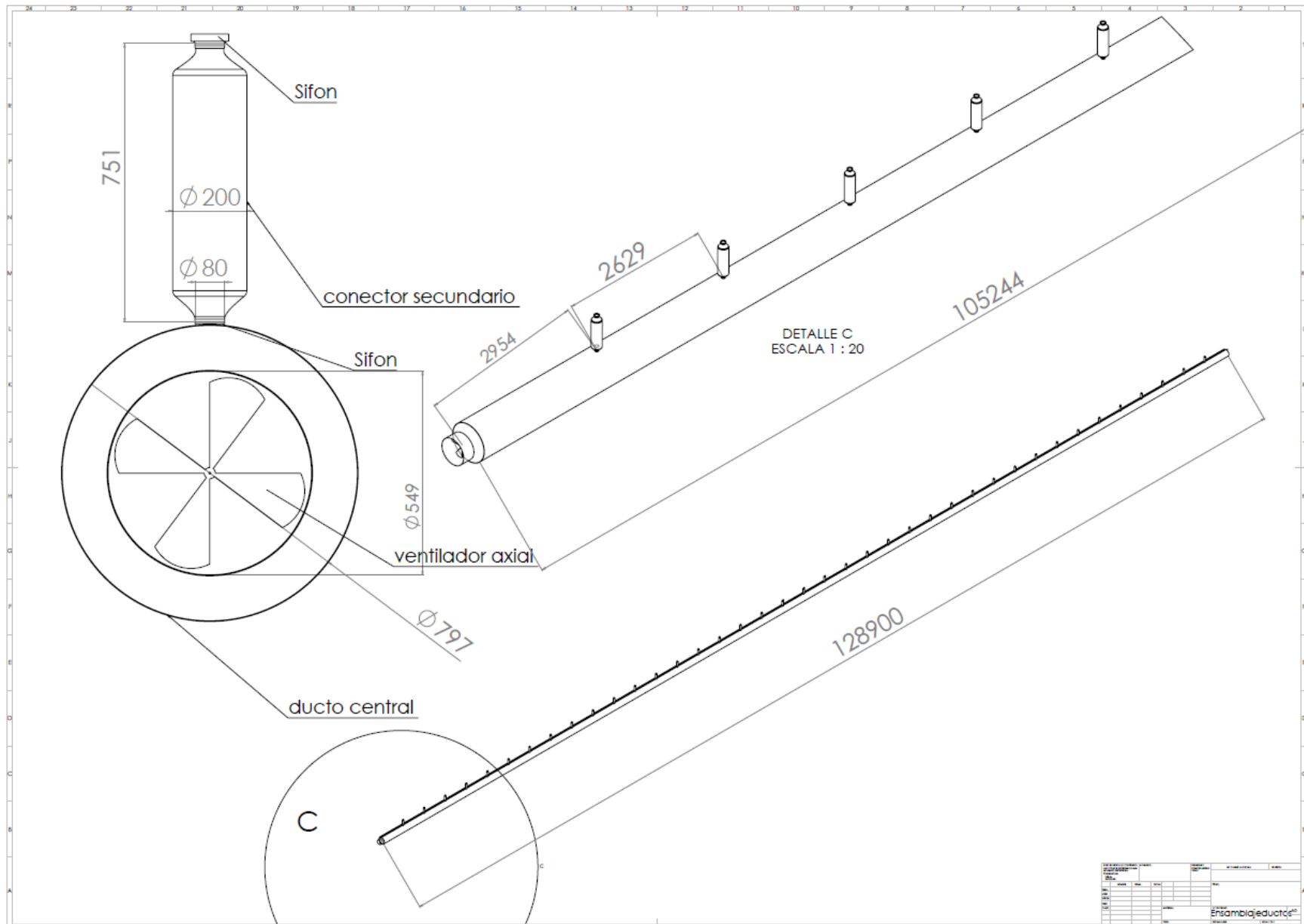
"VIGILADA MINEDUCACIÓN"

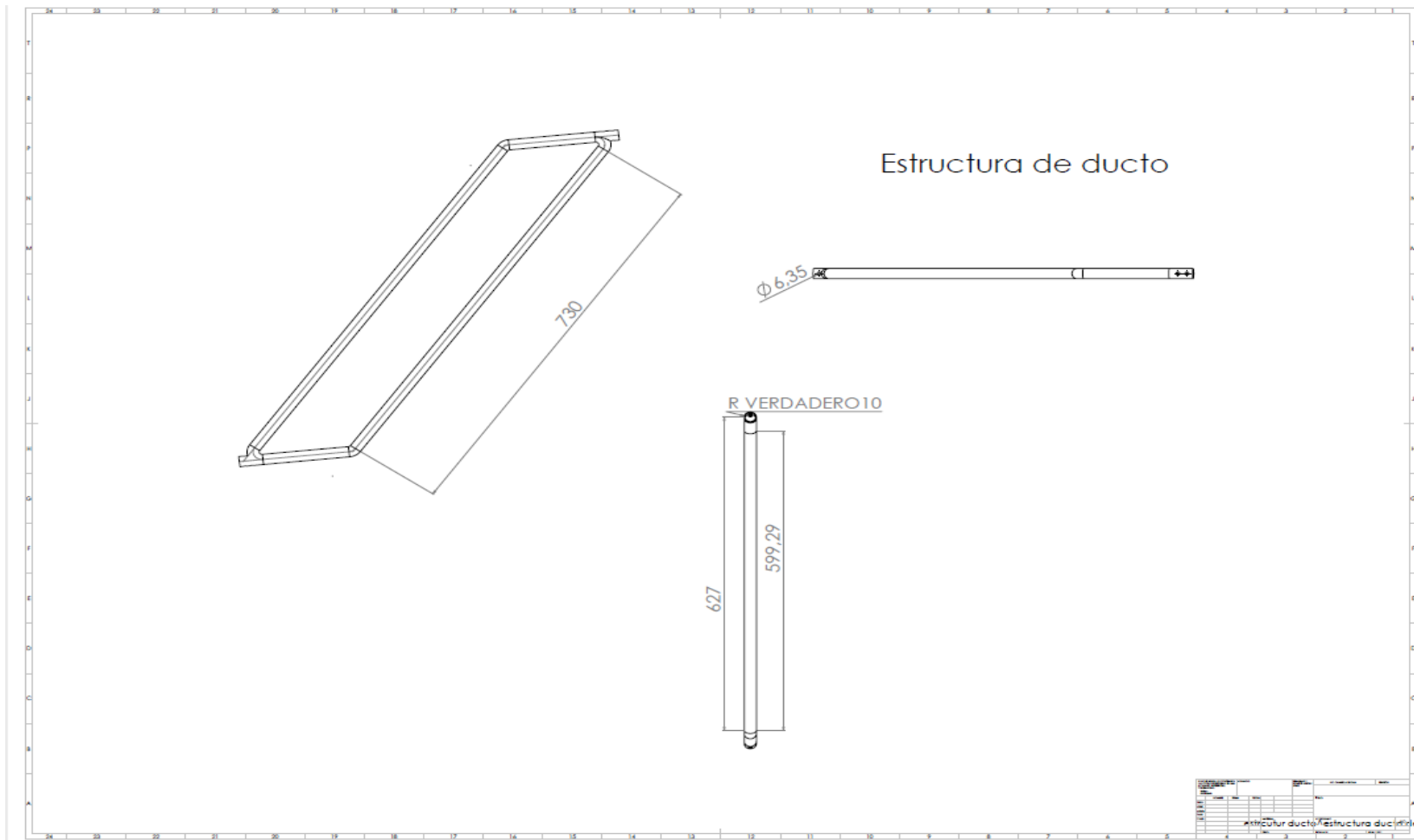
UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL
Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



acreditada
INSTITUCIONALMENTE
Res. MEN 2956 de 22 de marzo de 2019, vigencia: 4 años





Anexo 4. Planos a detalle del sistema de ductos con el sistema de ductos

Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Anexo 5. Proveedores de ventiladores axiales

Características

- Disponible en 3 modelos: 5.000, 7.000 y 8.500 m³/h.
- Clase de aislamiento del motor F.
- Motor IP55 (resistente al agua y al polvo).
- Energéticamente eficiente hasta 22,6 vatios/1000 m³/h.
- Bajo nivel de ruido de hasta 46 dB (A)
- Mangueras de aire (ø 52 cm) fáciles de conectar.
- Protección térmica incorporada para motores 1 ~.



Figura 18. Ventilador axial de AGRAR INGENIERIA SAS



Figura 19. Ventilador axial de SOLER Y PALAU