

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO



EXTENSIÓN LATACUNGA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA CABINA DE PINTURA
AUTOMOTRIZ QUE FUNCIONE CON ENERGÍA SOLAR.”**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
AUTOMOTRIZ**

JOSÉ LUIS PINTO TORRES

EDGAR ANDRÉS ENRÍQUEZ GOVEO

LATACUNGA – ECUADOR

2011

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de investigación fue desarrollado por **José Luis Pinto Torres y Edgar Andrés Enríquez Goveo**, bajo nuestra supervisión.

**ING. JUAN CASTRO CLAVIJO
DIRECTOR DEL PROYECTO**

**ING.OSCAR ARTEAGA
CODIRECTOR DEL PROYECTO**

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

CERTIFICADO

ING. JUAN CASTRO CLAVIJO (Director)

ING. OSCAR ARTEAGA (Codirector)

CERTIFICAN:

Que el proyecto **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA CABINA DE PINTURA AUTOMOTRIZ QUE FUNCIONE CON ENERGÍA SOLAR”** Realizado por los señores, JOSÉ LUIS PINTO TORRES, EDGAR ANDRÉS ENRÍQUEZ GOVEO, ha sido realizado, guiado y revisado periódicamente y cumple con las normas establecidas por la ESPE, en el reglamento de la Escuela Politécnica Del Ejército.

Debido a que constituye un trabajo realizado con excelencia, contenido científico que coadyuvara a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional. **SI** recomiendan su publicación.

El mencionado proyecto, consta UN empastado y UN disco compacto el cual contiene los archivos en formato digital. Autorizan a los señores, JOSÉ LUIS PINTO TORRES, EDGAR ANDRÉS ENRÍQUEZ GOVEO, que lo entreguen al ING. JUAN CASTRO CLAVIJO, en calidad de Director de la Carrera de Ingeniería Automotriz.

Latacunga, Junio del 2011

ING. JUAN CASTRO CLAVIJO
DIRECTOR

ING. OSCAR ARTEAGA
CODIRECTOR

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotros: JOSÉ LUIS PINTO TORRES,

EDGAR ANDRÉS ENRÍQUEZ GOVEO,

DECLARAMOS QUE:

El proyecto de grado titulado. "**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA CABINA DE PINTURA AUTOMOTRIZ QUE FUNCIONE CON ENERGÍA SOLAR**" Ha sido desarrollado con base a un profundo análisis e investigación exhaustiva, respetando los derechos intelectuales de terceros, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente el presente trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de esta declaración nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Latacunga, Junio 2011

.....
José Luis Pinto Torres

C.I.1002782256

.....
Edgar Andrés Enríquez Goveo

C.I. 1002810016

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

AUTORIZACIÓN

Nosotros: JOSÉ LUIS PINTO TORRES,

EDGAR ANDRÉS ENRÍQUEZ GOVEO,

Autorizamos a la ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO, la publicación en la biblioteca virtual de la Institución del proyecto de grado titulado **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA CABINA DE PINTURA AUTOMOTRIZ QUE FUNCIONE CON ENERGÍA SOLAR”**.Cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, Junio del 2011

.....
José Luis Pinto Torres

C.I.1002782256

.....
Edgar Andrés Enríquez Goveo

C.I. 1002810016

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA.....	i
CERTIFICACIÓN.....	ii
CERTIFICADO.....	iii
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD.....	iv
AUTORIZACIÓN.....	v
ÍNDICE.....	vi
RESUMEN.....	xii
INTRODUCCIÓN.....	xiii
CABINAS DE PINTADO Y SECADO.....	

CAPÍTULO I

1.1- MARCO TEÓRICO	
1.1.1 TIPOS DE CABINAS DE PINTADO	1
1.1.2 EL SECADO DE LA PINTURA	2
1.1.3 NORMAS PRÁCTICAS PARA EL PINTADO EN CABINA	4
1.1.4 EN LA FASE DE PREPARACIÓN	5
1.1.5 EN LA FASE DE PINTADO	5
1.1.6 EN LA FASE DE SECADO	6
1.1.7 EN LA FASE DE ENFRIAMIENTO	7
1.2. ENERGÍA SOLAR	7
1.2.1. RADIACIÓN SOLAR	8
1.2.2. MEDICIÓN DE LA RADIACIÓN SOLAR	9
1.2.3. CAPTACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR	10
1.2.4. ALMACENAMIENTO DE LA ENERGÍA SOLAR	10
1.2.5. SISTEMAS FOTOVOLTAICOS	11
	11

CAPÍTULO II

II.- DISEÑO TÉRMICO Y NEUMÁTICO DE LA CABINA	
2.1.- PARÁMETROS DE DISEÑO	12
2.2.- CALCULO DEL CAUDAL Y FLUJO MÁSSICO DE AIRE NECESARIO..	12
2.3.- DIMENSIONAMIENTO DE LOS DUCTOS.....	14

2.3.1. DIMENSIONAMIENTO DEL DUCTO DE ADMISIÓN DE AIRE	16
2.3.2. DIMENSIONAMIENTO DE LOS DUCTOS DE LA FOSA	16
2.4.- PÉRDIDAS DE PRESIÓN POR FRICCIÓN	17
2.5.1. PÉRDIDAS DE PRESIÓN EN LOS DUCTOS	19
2.5.2. PÉRDIDAS DE PRESIÓN EN LOS ACCESORIOS	19
2.5.- SELECCIÓN DEL VENTILADOR	20
2.6.- CALCULO DE LOS REQUERIMIENTOS DE CALOR DE LA CABINA	22
2.6.1. CALENTAMIENTO INICIAL DEL AIRE DENTRO DE LA CABINA	22
2.6.2. CALENTAMIENTO DEL FLUJO DE AIRE RECIRCULADO	22
2.7.- CALCULO DE LAS PÉRDIDAS DE CALOR	24
2.7.1. PÉRDIDAS DE CALOR POR CONDUCCIÓN	25
2.7.2. PÉRDIDAS DE CALOR POR CONVECCIÓN Y RADIACIÓN	25
2.7.3. PÉRDIDA DE CALOR TOTAL	26
2.8.- CALCULO DE LA POTENCIA DE CALENTAMIENTO	27
2.9.- MODELADO Y ENSAMBLAJE DE LA CABINA	27
2.10. SIMULACIÓN DEL PROCESO DE CALENTAMIENTO	28
2.10.1. CREACIÓN DEL PROYECTO ENFLOW SIMULATION	31
2.10.2. RESULTADOS	31
	37

CAPÍTULO III

III.- DISEÑO MECÁNICO DE LA CABINA	
3.1.- PARÁMETROS DE DISEÑO	42
3.2.- DISEÑO DE LA ESTRUCTURA SOPORTE	42
3.3.- DISEÑO DE LA REJILLA	42
	48

CAPÍTULO IV

IV. DISEÑO ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO	
4.1 PARÁMETROS DE DISEÑO	53
4.2 MÉTODO DE ALUMBRADO	53
4.3 DISTRIBUCIÓN DE APARATOS DE ALUMBRADO	53
4.4 DISEÑO DEL SISTEMA DE ALUMBRADO	54
4.5 DETERMINACIÓN COMPUTARIZADA DE LA IRRADIANCIA SOLAR	54

EN LOS DIFERENTES MESES DEL AÑO	
4.6-DISEÑO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR	55
4.7-DIMENSIONAMIENTO DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA FOTVOLTAICO	57

57

CAPÍTULO V

V. CONSTRUCCION Y ESTUDIO ECONOMICO	
5.1-CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE IMPULSIÓN Y EXTRACCIÓN DEL AIRE.	60
5.2- CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE CALENTAMIENTO DEL HORNO	60
5.3- CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA FOTVOLTAICO	63
5.4- ENSAMBLAJE DE LA CABINA Y TODOS LOS SISTEMAS	66
5.4.1-Diagrama de montaje	67
5.5-ANÁLISIS ECONÓMICO	69

72

CAPÍTULO VI

VI.- PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	
6.1-PRUEBA EN EL SISTEMA DE IMPULSION Y EXTRACCION DEL AIRE	78
6.2-PRUEBA EN EL SISTEMA DE CALENTAMIENTO Y CAPTACIÓN	78
6.3-PRUEBA EN EL SISTEMA DE ACUMULACIÓN DE ENERGÍA	79
6.4-PRUEBA EN EL SISTEMA ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO	80
6.5-PRUEBAS DE PINTADO	80
6.6-ANÁLISIS DE RESULTADOS	81

82

CAPÍTULO VII

VII.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
7.1. CONCLUSIONES	84
7.2. RECOMENDACIONES	84

85

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS	87
--------	----

88

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura.1.1.Cabina de pintura.....	2
Figura.1.2 Tipos de cabinas	3
Figura.1.3.Esquema de cabina de pintura.....	3
Figura.1.4.Radiacion Solar.....	8
Figura.1.5.Una instalación solar fotovoltaica.....	10
Figura 2.1.Cabina de flujo vertical con recirculación de aire.....	13
Figura 2.2.Dimensionamiento del ducto de admisión.....	17
Figura 2.3.Dimensionamiento de los ductos de la fosa.....	18
Figura 2.4.Modelo de la fosa de la cabina.....	28
Figura 2.5.Modelo de las rejillas del piso.....	28
Figura 2.6.Modelo del ducto de admisión.....	29
Figura 2.7.Modelo de la estructura soporte.....	29
Figura 2.8.Ensamblaje total de la cabina de secado y pintura.....	30
Figura 2.9.Asignacion del nombre y configuración.....	31
Figura 2.10.Selección del Sistema de Unidades.....	32
Figura 2.11.Ventana para la selección del tipo de análisis.....	32
Figura 2.12.Selección del tipo de fluido.....	33
Figura 2.13.Selección del material del sólido.....	33
Figura 2.14.Configuraciones de las condiciones de la pared.....	34
Figura 2.15.Configuración de las Condiciones Iniciales.....	34
Figura 2.16.Configuración de la geometría de resolución y el tamaño del mallado.....	35
Figura 2.17.Asignación de los parámetros iniciales de diseño en el estudio deFlowSimulation.....	36
Figura 2.18.Ejecución de los Solvers de SolidWorksFlowSimulation.....	37
Figura 2.19.Generación de los diferentes tipos de resultados.....	38
Figura 2.20.Distribución de temperaturas.....	39

Figura 2.21 Distribución de velocidades.....	40
Figura 2.22. Diagrama de presión total	41
Figura 3.1. Asignación de cargas y sujeciones a la estructura soporte.....	43
Figura 3.2. Mallado del modelo de la estructura soporte.....	44
Figura 3.3 Tensión de Von Mises en la estructura soporte.....	45
Figura 3.4 Desplazamientos resultantes en la estructura soporte.....	46
Figura 3.5 Distribución del factor de seguridad en la estructura soporte.....	47
Figura 3.6 Asignación de cargas y sujeciones a la rejilla.....	48
Figura 3.7 Mallado del modelo de la rejilla.....	49
Figura 3.8 Tensión de Von Mises en la rejilla.....	50
Figura 3.9 Desplazamientos resultantes en la rejilla.....	51
Figura 3.10 Distribución del factor de seguridad en la rejilla.....	51
Figura.4.1. Distribución de lámparas.....	54
Figura. 4.2. Variación de la curva I-V en función de la irradiación solar incidente a temperatura de células constante.....	56
Figura.4.3. Variación de la curva I-V en función de la temperatura de células a radiación incidente constante.....	56
Figura. 4.4. Diagrama de Captación de energía solar.....	57
Figura.4.5. Área de paneles en el horno.....	58
Figura. 4.6. Panel Solar Isofoton.....	58
Figura. 5.1. Ventiladores centrífugos de nuestro horno.....	60
Figura.5.2. Vista expandida de un ventilador centrífugo.....	61
Figura.5.3. Sección transversal de un ventilador tipo axial mostrando sus partes componentes	61
Figura.5.4. Especificaciones de resistencias.....	66
Figura.5.5. Resistencias en nuestro horno.....	66
Figura.5.6. Construcción de un panel solar.....	67
Figura.5.7. Proyecto finalizado.....	69
Figura. 6.1. Anemómetro.....	78
Figura.6.2. pantalla del pirómetro	80

Figura 6.3. Voltaje de las baterías	80
Figura.6.4. sistema de control.....	81
Fig. 6.4. Velocidad de aire a la salida.....	82

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla3.1Propiedades del acero estructural ASTM A36.....	42
Tabla4.1. Factor de reflexión.....	55
Tabla5.1.Características de las resistencias.....	65
Tabla 5.2. Procesos de construcción.....	72
Tabla 5.3. Costos de Materiales.....	73
Tabla 5.4. Costo de mano de obra.....	73
Tabla5.5 Costo total del proyecto	74
Tabla 5.6 Flujo de caja	76
Tabla 5.7 Cálculo del VAN	76
Tabla6.6.1 Análisis de resultados	83

RESUMEN

El presente proyecto trata de diseñar y construir una cabina de pintura automotriz que funcione con energía solar. Siendo las celdas solares uno de los pilares fundamentales para este proyecto, diferenciándose dos etapas importantes durante la ejecución de este proyecto: la parte inicial como el diseño y construcción de la cabina, y en una segunda parte la fase del sistema que produce la energía solar para aprovechar con el calentamiento del horno. Este trabajo cuenta con siete capítulos desde la fase de normativa hasta llegar a tener las conclusiones una vez llegado a finalizar la construcción, los cuales se detallan a continuación:

En el capítulo I, tenemos el marco teórico con conceptos de las cabinas de pintado y secado automotriz, normativas para el pintado, secado y enfriamiento así como la radiación solar. Que posteriormente servirán para comprender los resultados obtenidos durante la fase de estudio. El capítulo II el diseño térmico y neumático de la cabina de pintura y secado, comprende dimensiones, pérdidas de calor. El capítulo III el diseño mecánico comprende cargas y pesos, planos. El capítulo IV diseño eléctrico, componentes del sistema fotovoltaico. El capítulo V se refiere a la construcción y estudio económico a la factibilidad del proyecto y recuperación del capital. El capítulo VI a las pruebas de funcionamiento. El capítulo VII las conclusiones y recomendaciones del proyecto.

INTRODUCCION

Hoy en día es muy usual el uso e implementación de cabinas de pintura automotriz, sea en talleres concesionarios o talleres particulares.

El diseño y construcción de una cabina de pintura automotriz que funcione con energía solar responde a la necesidad de tener un menor impacto ambiental en la pintura de vehículos gracias a que usamos filtros que impiden que las partículas de pintura salgan al medio ambiente así como también el uso de energías no contaminantes y renovables.

Gracias a la implementación de este sistema evitamos usar motores de combustión o quemadores a gas que producen gases y partículas altamente contaminantes que dañan nuestro medio ambiente e incrementan el impacto ambiental a nivel mundial, debido a esto hemos visto la importancia de aplicar los nuevos sistemas existentes como son las celdas solares de energía y acumuladores que usan energía muy limpia como es la radiación solar que además es una energía renovable y proviene de una fuente inagotable como es el sol lo que es de gran beneficio para el medio ambiente y lo que nos ayuda a reducir el impacto ambiental.

La evaluación de este sistema nos ayudara a obtener resultados que podemos comparar como son el mejoramiento de la calidad de trabajo de pintura y la disminución de partículas contaminantes enviadas al medio ambiente.

CAPITULO I

I. CABINAS DE PINTADO Y SECADO.

1.1-MARCO TEÓRICO¹

Pintar un automóvil es en realidad una tarea muy difícil. Requiere personal con muchos conocimientos y experiencia en el oficio.

Además, el cliente espera que la reparación sea invisible, no quiere ver ninguna diferencia entre la pintura original y el parche reparado.

Cuando nos vemos en la obligación de reparar parte del sistema de pintura, esto se traduce en tiempo extraordinario, excesivamente caro. Así que tenemos que procurar evitar los errores actuando de manera correcta. Esto se consigue efectuando el trabajo según el procedimiento apropiado y las técnicas adecuadas. También es importante comprender el comportamiento de la pintura durante el proceso de pintado.

Hoy en día han aumentado las exigencias de calidad para los recubrimientos, para esto, se han incorporado nuevos productos como Incoloro Acrílico Uretano, Aparejos de dos componentes, etc., que dan una terminación similar a la pintura de origen.

Los talleres que utilizan estos productos han tenido que incorporar como uno de los equipos importantes la "Cabina de Pintado - Secado". Además las compañías aseguradoras de vehículos califican a estos talleres para realizar trabajos de repintado de sus clientes.

La utilización de estas cabinas se hace cada vez más necesaria especialmente en los talleres que utilizan estos productos, ya que por lo general son productos de dos componentes que tienen un tiempo de secado al tacto más largo (30-40 minutos), siendo necesario para su aplicación un lugar limpio y libre de polvo.

¹ cabinas de pintura , Wikipedia, [Http://es.wikipedia.org/wiki/cabinas](http://es.wikipedia.org/wiki/cabinas) de pintura.

1.1.1 TIPOS DE CABINAS DE PINTADO

Cabinas para pulverización de pintura



Figura.1.1.Cabina de pintura

Existen muchos tipos de cabinas de pintura cada vez más sofisticadas. Con el fin de obtener los mejores resultados se presenta a continuación una leve descripción de algunos tipos de cabinas, para esto las hemos dividido en dos grupos:

(a) Cabinas no presurizadas (figura 1.2)

Esto significa que el aire extraído por los equipos de ventilación para purificar la cabina es reemplazado por aire fresco que entra a través de filtros colocados normalmente en la puerta.

(b) Cabinas presurizadas (figura 1.2)

Los mejores resultados se han obtenido con este tipo de cabinas, ya que utilizan un sistema de sobre presión, esto significa que se “inyecta” más aire filtrado de el que se extrae, impidiendo con esto, que se introduzcan dentro de la cabina partículas contaminantes que se encuentran en el exterior.

Una de las cabinas más utilizadas en estos sistemas es la de circulación de aire horizontal, inyecta aire en uno de los extremos de cabina y extrae con el otro, en el último tiempo se ha hecho más popular la utilización de cabinas de circulación de aire descendente ya que tiene algunas ventajas sobre las cabinas con circulación de aire horizontal como es el flujo de aire directo sobre el vehículo y la disminución de la pintura en suspensión en el resto de la cabina.

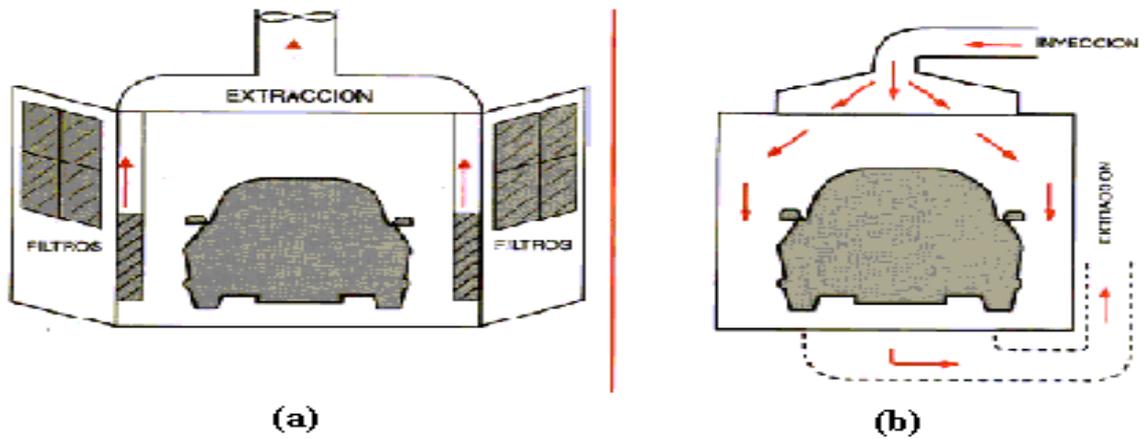


Figura.1.2 Tipos de cabinas

Actualmente toda aplicación de pinturas debe llevarse a cabo dentro de una cabina o recinto para pintar. La cabina debería cumplir varios criterios, por ejemplo:(figura1.3)

La cabina debe estar equipada con un extractor de aire que mantenga la cabina bajo presión negativa. Esto mantiene las emanaciones de pintura en el interior de la cabina.

La cabina debe estar equipada con filtros o mecanismos similares que limiten la liberación de sólidos de pintura al medio ambiente.

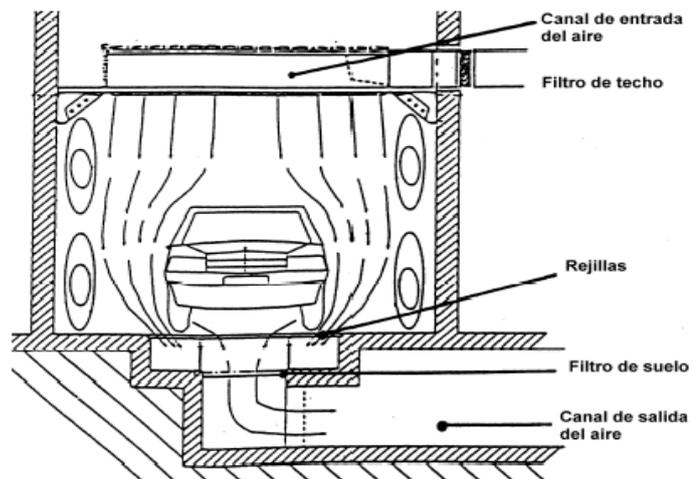


Figura.1.3. Esquema de cabina de pintura.

Existen dos métodos para la separación de los restos de pintura arrastrados por la corriente de aire, que puede ser por medio de filtros secos o por medio de una cortina de agua. Para el presente proyecto se ha seleccionado el sistema por medio de filtros secos.

1.1.2 EL SECADO DE LA PINTURA

El secado es la eliminación de líquido contenido en un sólido. En la cabina de pintado existe una corriente de aire calentado que envuelve al material a secarse. La diferencia de temperatura entre el aire y el objeto mantiene un flujo de calor hacia el material por lo que el vapor de agua y el diluyente emigra desde el interior del material hasta su superficie.

Una vez aplicada la pintura de acabado, esta se puede secar a la temperatura ambiente, 20°C aproximadamente que tardaría horas en secar para iniciar el armado del vehículo, o acelerar el proceso de secado elevando la temperatura a unos 50-70 °C en una cabina de secado aparte o en la misma cabina en la que se ha aplicado la pintura durante unos 30 minutos, donde estará lista para continuar con su armado.

Por lo general, la propia cabina de pintura donde se ha aplicado la pintura actúa también como horno de secado, circulando el aire en su interior a una temperatura que oscila entre los 50 y los 70°C durante unos 45 minutos de secado. Por lo tanto, estas cabinas tienen dos fases de funcionamiento: una fase de pintado, con un determinado caudal de aporte de aire, a una velocidad determinada y calentando el aire introducido a unos 20 °C; y una Segunda fase de secado en la que el caudal y la velocidad pueden ser menores, y se eleva la temperatura a unos 50-70 °C. En esta fase de secado, el aire aspirado del exterior antes de ser impulsado al área de distribución, es recirculado a través del intercambiador de calor en una proporción del 65% para un mayor aprovechamiento energético. En función del sistema utilizado para alcanzar la temperatura deseada en la fase de secado, se pueden distinguir cabinas con renovación total del aire de reciclado, o con renovación parcial del aire interior de la cabina. Pero, prácticamente, todos los modelos de cabina existentes en la

actualidad tienen un mismo sistema de trabajo, y todos los pasos de la fase de secado son automatizados, de manera que la única preocupación del operario es pulsar un botón.

1.1.3 NORMAS PRÁCTICAS PARA EL PINTADO EN CABINA

El tema de limpieza es sumamente importante en pintura. Muchos de estos defectos pueden derivarse de la adherencia de corpúsculos sólidos muy pequeños sobre la superficie todavía tierna.

La cabina de pintado tiene por misión hacer muy difícil que esta situación se produzca en ella, sin embargo se requiere una serie de cuidados y que cumpla una serie de normas que vamos a resumir a continuación. Los consejos fundamentales que hay que dar a un operario que pase por primera vez en una cabina son:

1.1.4 EN LA FASE DE PREPARACIÓN

1. Limpiar siempre cuidadosamente las pistolas y los otros aparatos que se utilizan para pintar.
2. No lavar, ni mucho menos lijar planchas de la carrocería dentro de la cabina.
3. La entrada en el interior de la instalación solamente debe ser permitida a los encargados del trabajo.
4. Debe instalarse un grupo regulador de presión, manómetro, separador de la condensación y un filtro para el aire comprimido.
5. Si se necesita introducir un vehículo con baja suspensión (tipo carreras) en una cabina sobrealzada, hay que entrar el coche lentamente para evitar que el cárter de aceite o la caja del diferencial puedan golpear contra el umbral de la puerta. Eventualmente poner unos espesores debajo de la parte inferior de las rampas
6. Quitar todos los accesorios (espejo, retrovisores, molduras particulares en plástico, etc.) que no sean originales del coche para evitar su deformación por efecto del calor que se producirá durante el secado.

7. Vaciar el tanque de gasolina y los circuitos de alimentación. Acto seguido desmontar el tanque de gasolina del vehículo y no entrarlo en la cabina.
8. Si se pinta un vehículo que haya tenido anteriores reparaciones y pintadas, hay que recalentarlo previamente durante 10 a 15 minutos. De esta forma posibles estufados efectuados anteriormente con productos no resistentes al horno podrían aflorar y ser vistos y quitados antes de proceder a la realización del pintado definitivo.
9. Es indispensable que los neumáticos del automóvil sean rebajados en su presión de inflado para evitar deformaciones en ellos durante la cocción.
10. Verificar que tanto el cristal de parabrisas como la luna trasera no estén rajados o arañados para evitar que la fase de secado se formen burbujas en el extracto del plástico interpuesto entre los dos cristales laminados.

1.1.5 EN LA FASE DE PINTADO

1. No olvidar en ningún momento poner el cierre de la cabina en la posición "pintado" para evitar la irrupción de otra persona en la cabina durante el pulverizado.
2. Poner en marcha el ventilador y esperar algunos minutos para que se eliminen posibles residuos de trabajos anteriores.
3. Asegurarse bien que el vehículo que se va a pintar haya sido limpiado en todas sus partes y que todas las zonas que no se han de pintar hayan sido debidamente protegidas con papeles. A continuación introducir el vehículo en la cabina.
4. Controlar que el índice del teletermómetro esté en la temperatura deseada para proceder al pintado a 20C y por lo tanto el conmutador del quemador en posición de pintado.
5. En estas condiciones ya puede comenzarse la operación de pulverizar el esmalte sobre la plancha hasta conseguir el pintado total de las superficies que se han previsto, luego se pasará al proceso de secado.

1.1.6 EN LA FASE DE SECADO

1. Colocar el cierre en la posición “secado”
2. Controlar que el índice del teletermómetro se encuentre en la temperatura deseada para la cocción de la pintura según la naturaleza de ésta y los consejos dados al respecto por su fabricante.
3. Alcanzada la temperatura disponer el medidor de tiempo colocando, por medio de su conmutador, el valor de minutos necesarios en que ha de mantener la determinada temperatura.
4. Cuando el tiempo de cocción termina, un avisador acústico señala esta circunstancia. Apagar el conmutador llevando el conmutador a la posición cero.

1.1.7 EN LA FASE DE ENFRIAMIENTO

Las cabinas disponen también de una fase de enfriamiento para mejorar los resultados del pintado. Durante este tiempo hay que tener en cuenta las siguientes instrucciones:

1. Colocar el cierre en la posición “pintado”.
2. Controlar que el conmutador del intercambiador de calor se encuentre en la posición cero.
3. Esperar aproximadamente 15 minutos para que la temperatura baje al nivel de 20°C, esta operación permite eliminar la posible humedad y evitar nocivas formaciones de condensación en las partes metálicas de la instalación.
4. Es muy importante tener en cuenta de no apagar el intercambiador de calor y el ventilador al mismo tiempo pues si se hace así se concentra una gran cantidad de calor residual y la cabina puede padecer un sobrecalentamiento pernicioso.
5. Resulta necesario apagar primero el intercambiador de calor y dejar en marcha el ventilador durante 15 minutos para que el aire vaya evacuando lentamente el calor residual que queda repartido por la instalación.

1. 2. ENERGÍA SOLAR

El Sol, fuente de vida y origen de las demás formas de energía que el hombre ha utilizado desde los inicios de la historia, puede satisfacer todas nuestras necesidades, si aprendemos cómo aprovechar de forma racional la luz que continuamente derrama sobre el planeta. Ha brillado en el cielo desde hace unos cinco mil millones de años, y se calcula que todavía no ha llegado ni a la mitad de su existencia.

Durante el presente año, el Sol arrojará sobre la Tierra cuatro mil veces más energía que la que vamos a consumir.

Ecuador, por su privilegiada situación y climatología, se ve particularmente favorecida respecto al resto de los países, ya que sobre cada metro cuadrado de su suelo inciden al año unos 1.500 kilovatios-hora de energía, cifra similar a la de muchas regiones de América Central y del Sur. Esta energía puede aprovecharse directamente, o bien ser convertida en otras formas útiles como, por ejemplo, en electricidad. Sería poco racional no intentar aprovechar, por todos los medios técnicamente posibles, esta fuente energética gratuita, limpia e inagotable, que puede liberarnos definitivamente de la dependencia del petróleo o de otras alternativas poco seguras, contaminantes o, simplemente, agotables.

Es preciso, no obstante, señalar que existen algunos problemas que debemos afrontar y superar. Aparte de las dificultades que una política energética solar avanzada conllevaría por sí misma, hay que tener en cuenta que esta energía está sometida a continuas fluctuaciones y a variaciones más o menos bruscas. Así, por ejemplo, la radiación solar es menor en invierno, precisamente cuando más la solemos necesitar.



Figura.1.4.Radiacion Solar

Es de vital importancia proseguir con el desarrollo de la todavía incipiente tecnología de captación, acumulación y distribución de la energía solar, para conseguir las condiciones que la hagan definitivamente competitiva, a escala planetaria.

1.2.1 RADIACIÓN SOLAR

Dentro de las energías renovables que más se están usando, la solar es la más importante hasta el momento, con inversiones en tecnología e instalaciones millonarias. Se construyen decenas de granjas solares alrededor del mundo para generar cientos de megawatts de electricidad, con las cuales se genera energía eléctrica a partir de energías verdes o limpias lo cual ayuda enormemente a combatir el calentamiento global.

Las técnicas para capturar directamente una parte de esta energía están disponibles y están siendo mejoradas permanentemente.

Las «células solares», dispuestas en paneles solares, ya producían electricidad en los primeros satélites espaciales. Actualmente se perfilan como la solución definitiva al problema de la electrificación rural, con clara ventaja sobre otras alternativas, pues, al carecer los paneles de partes móviles, resultan totalmente inalterables al paso del tiempo, no contaminan ni producen ningún ruido en absoluto, no consumen combustible y no necesitan mantenimiento. Además, y aunque con menos rendimiento, funcionan también en días nublados, puesto que captan la luz que se filtra a través de las nubes. La electricidad que así se obtiene puede usarse de manera directa (por ejemplo para sacar agua de un pozo o para regar, mediante un motor eléctrico), o bien ser almacenada en acumuladores para usarse en las horas nocturnas. También es posible inyectar la electricidad generada en la red general, obteniendo un importante beneficio. Si se consigue que el precio de las células solares siga disminuyendo, iniciándose su fabricación a gran escala, es muy probable que, para la tercera década del siglo, una buena parte de la electricidad consumida en los países ricos en sol tenga su origen en la conversión fotovoltaica.

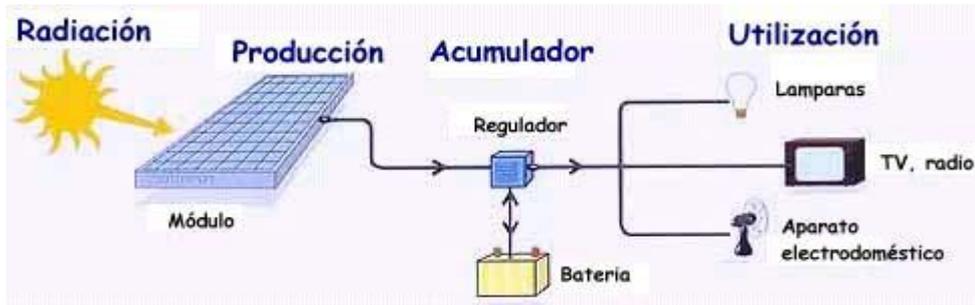


Figura.1.5. Una instalación solar fotovoltaica.

1.2.2 MEDICIÓN DE LA RADIACIÓN SOLAR

Existe una variedad de instrumentos para medir la radiación solar en todas sus componentes. La unidad de medición es el Watt/m².

RADIACION SOLAR DIRECTA

El instrumento de medición se llama piroheliómetro. Este mide la energía que proviene directamente del sol, evitando la radiación difusa desde otras direcciones. El instrumento debe ser orientado continuamente hacia el sol. Como sensor se utiliza una placa negra, cuya temperatura, que se mide con un sistema de termocuplas, varía con la radiación solar directa que llega a la placa.

1.2.3 CAPTACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR

Se entiende por captación térmica de la energía solar al procedimiento de transformación de la energía radiante del sol en calor o energía térmica.

Nos referimos a aplicaciones de la energía solar a baja temperatura cuando la energía térmica que se obtiene se utiliza para temperaturas inferiores a 80 °C.

Se pretende de esta forma obtener a partir del sol una energía que podemos utilizar en aplicaciones térmicas: calentar agua sanitaria, usos industriales, calefacción de espacios, calentamiento de piscinas, secaderos, etc.

Principio de funcionamiento

Cuando se expone una placa metálica al sol, se calienta, pero si además esta placa es negra, la energía radiante del sol es absorbida en mayor medida. Cuando se calienta la placa negra ésta aumenta su temperatura con lo cual empieza a perder calor por los distintos mecanismos: por conducción a través de

los soportes que lo sujetan, por convección a través del aire que le rodea y por radiación.

1.2.4 ALMACENAMIENTO DE LA ENERGÍA SOLAR

La tecnología de las así llamadas Baterías de Almacenamiento Inteligente tiene como objetivo proporcionar una solución de almacenamiento de energía estacionaria, de bajo costo, alto rendimiento y alta potencia, adecuada para su conexión a la red y para aplicaciones remotas. El almacenamiento eficaz y barato de energía ha sido la pieza que durante mucho tiempo le ha faltado al rompecabezas de la energía renovable. Los sistemas actuales para el almacenamiento mediante baterías presentan el defecto de las descargas frecuentes y profundas, y además no son capaces de satisfacer las demandas de alta potencia. También resultan caros debido a su costo inicial elevado y a la corta vida de las baterías.

1.2.5 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Los sistemas fotovoltaicos están compuestos por un conjunto de elementos que permiten obtener, a partir de la energía eléctrica. El elemento principal del sistema es el módulo fotovoltaico (o conjunto de módulos conectados entre sí) que capta la energía del sol y la transforma en corriente directa. Como ventajas tenemos:

Evita la descarga de las baterías a través de los paneles durante la noche, cuando el voltaje de salida del panel FV es nulo.

Evita la sobrecarga de las baterías, lo que acorta la vida útil de las mismas.

Provee el régimen de carga más apropiado para un dado tipo de acumulador.

Mantiene abierto el circuito de carga si el voltaje de salida de los paneles es menor que el del banco de acumulación.

Provee funciones auxiliares, como la del monitoreo del nivel de carga del banco de reserva y otras que son opcionales.

CAPITULO II

II.- DISEÑO TÉRMICO Y NEUMÁTICO DE LA CABINA

2.1.- PARÁMETROS DE DISEÑO

La cabina es un componente fundamental en el taller de pintura en la que se produce el ambiente idóneo para un repintado de calidad. Pero no sólo aporta ventajas de cara a garantizar un acabado perfecto, sino también desde el punto de vista medio ambiental, ya que se retienen la mayoría de partículas de pintura y compuestos orgánicos volátiles (COV's), desde el punto de vista de la prevención de riesgos laborales, ya que permite al pintor trabajar en unas condiciones controladas, y desde el punto de vista económico, ya que reduce los tiempos de secado.

Para que el taller de enderezada y pintura autoestima pueda proporcionar todas las ventajas de calidad, funcionalidad y seguridad mencionadas en el párrafo anterior, es necesario que la cabina de pintura y secado cumpla con los siguientes parámetros de diseño.

Dimensiones. Debido a que la cabina se va utilizar para pintar y secar diferentes tipos de vehículos que van desde todos los tipos de automóviles hasta pequeños camiones de diferentes marcas y tomando en cuenta que la distancia del vehículo a las paredes de la cabina debe ser de alrededor de 1m, es necesario que la cabina tenga las siguientes dimensiones principales:

- Largo = 7.0 m
- Ancho = 4.0 m
- Altura = 2.8 m

Tipo de cabina. Debido a la necesidad de recirculación del aire y a las ventajas que presenta éste tipo, la cabina será de flujo vertical (figura 2.1) por la que, la

corriente de aire bajará desde el techo filtrante hacia el suelo en sentido vertical, saliendo hacia el exterior a través de canales en el piso.

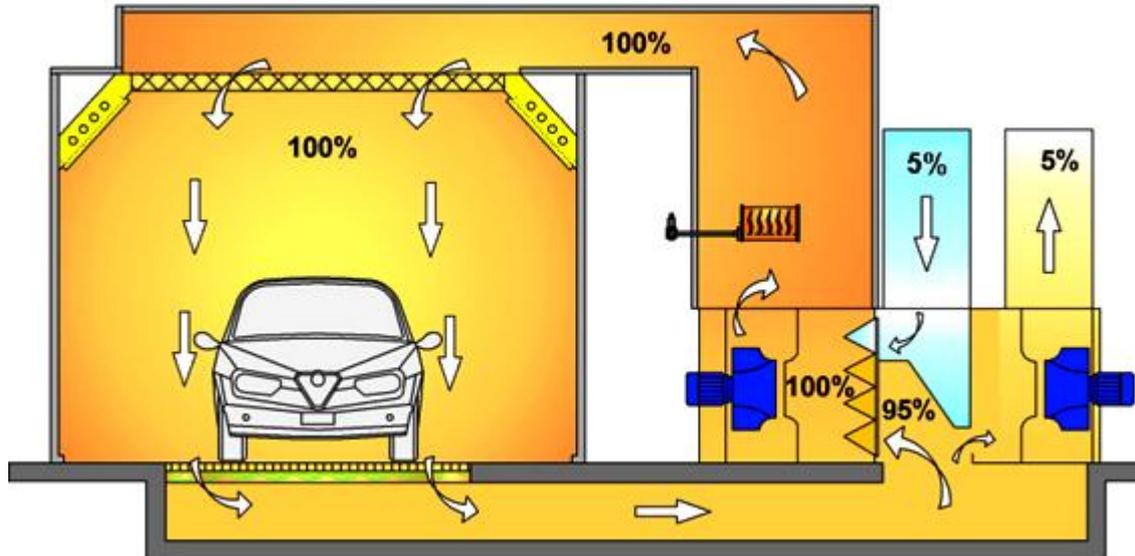


Figura 2.1 Cabina de flujo vertical con recirculación de aire

Flujo de aire. Según la norma NFPA-33 (Standard for Spray Application using Flammable or Combustible Materials) el caudal del aire que entra a la cabina debe ser lo suficiente para garantizar por lo menos 120 renovaciones completas de aire por hora.

Velocidad de aire. Con el objeto de evacuar con rapidez las sustancias perjudiciales para la salud de los operarios, se recomienda que el aire en el interior de la cabina circule con velocidades medias de 0.2 a 0.4 m/s. Por otro lado, para evitar ruido excesivo y grandes pérdidas de presión, el aire debe circular por los ductos con velocidades no mayores a 10 m/s.

Temperatura. Durante la fase de pintado la cabina debe mantenerse a una temperatura cercana a la 20°C, mientras que para la fase de secado, la temperatura máxima requerida es de 50°C.

Recirculación de aire. Con el propósito de reducir al mínimo la cantidad de calor que se requiere para calentar el flujo de aire que entra a la cabina, la misma será diseñada con un sistema que permita la recirculación del 95% del aire y sólo entrará un 5% de aire nuevo (figura 2.1).

Antes de proceder con el diseño y la selección de los diferentes componentes de la cabina de pintura y secado, es necesario indicar los parámetros atmosféricos de la ciudad de Otavalo que influyen directamente en su diseño:

- Temperatura promedio del aire ambiente = $17^{\circ}\text{C} = 290^{\circ}\text{K}$
- Altitud promedio de la ciudad de Otavalo = 2530 m
- Presión atmosférica en Otavalo = 570 mm Hg = 76kPa

En función de estos parámetros y de los fundamentos teóricos de la mecánica de fluidos, a continuación calculamos el flujo másico y caudal de aire requeridos para el funcionamiento adecuado de la cabina.

2.2.- CÁLCULO DEL CAUDAL Y FLUJO MÁSSICO DE AIRE NECESARIO

El caudal de aire que deben suministrar los ventiladores se determina en función del volumen interior de la cabina y el número de renovaciones de aire por hora recomendado para éste tipo de cabinas.

Para un espesor de aislante de 5 cm (2 plg), el volumen interior de la cabina es:

El caudal de aire requerido viene dado por:

Para poder calcular el flujo másico del aire, es necesario determinar primero su densidad . La densidad promedio que tiene el aire ambiente en la ciudad de Otavalo se obtienea partir de la siguiente ecuación:

Donde:

- = presión atmosférica = 76000Pa
- = Constante de los gases = 287 Nm/kg °K
- = temperatura ambiente = 17°C = 290°K

Reemplazando los valores se obtiene:

Por lo tanto,el flujo másico de aire requerido por la cabina de pintura y secado es:

2.3.- DIMENSIONAMIENTO DE LOS DUCTOS

Para evitar ruido excesivo y grandes pérdidas de presión, las dimensiones de los ductos debe ser tal que la velocidad del aire que circula por su interior no sobrepase los 10 m/s.

2.3.1. DIMENSIONAMIENTO DEL DUCTO DE ADMISIÓN DE AIRE

El área mínima requerida en el ducto vertical que suministra aire a la cabina se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

Donde:

- = velocidad máxima del aire en los ductos =
- = área transversal mínima requerida en los ductos

Despejando de la ecuación el área y reemplazando los datos conocidos, tenemos:

Por lo tanto, el ducto vertical que capta el aire exterior, tendrá una sección rectangular de 250 mm por 1000 mm (figura 2.2).

Antes que el aire captado del exterior ingrese a la cabina, se lo hace pasar por unos filtros o “plenum” que eliminan las partículas finas de polvo para evitar que la suciedad quede adherida a la película de pintura.

En el “plenum” la velocidad de aire debe disminuir significativamente de forma que ingrese a la cabina lo más laminar posible y envuelva completamente la superficie

del vehículo que se desea pintar. Por tal motivo el “plenum” tendrá una sección rectangular de 5000 mm por 2000 mm (figura 2.2).

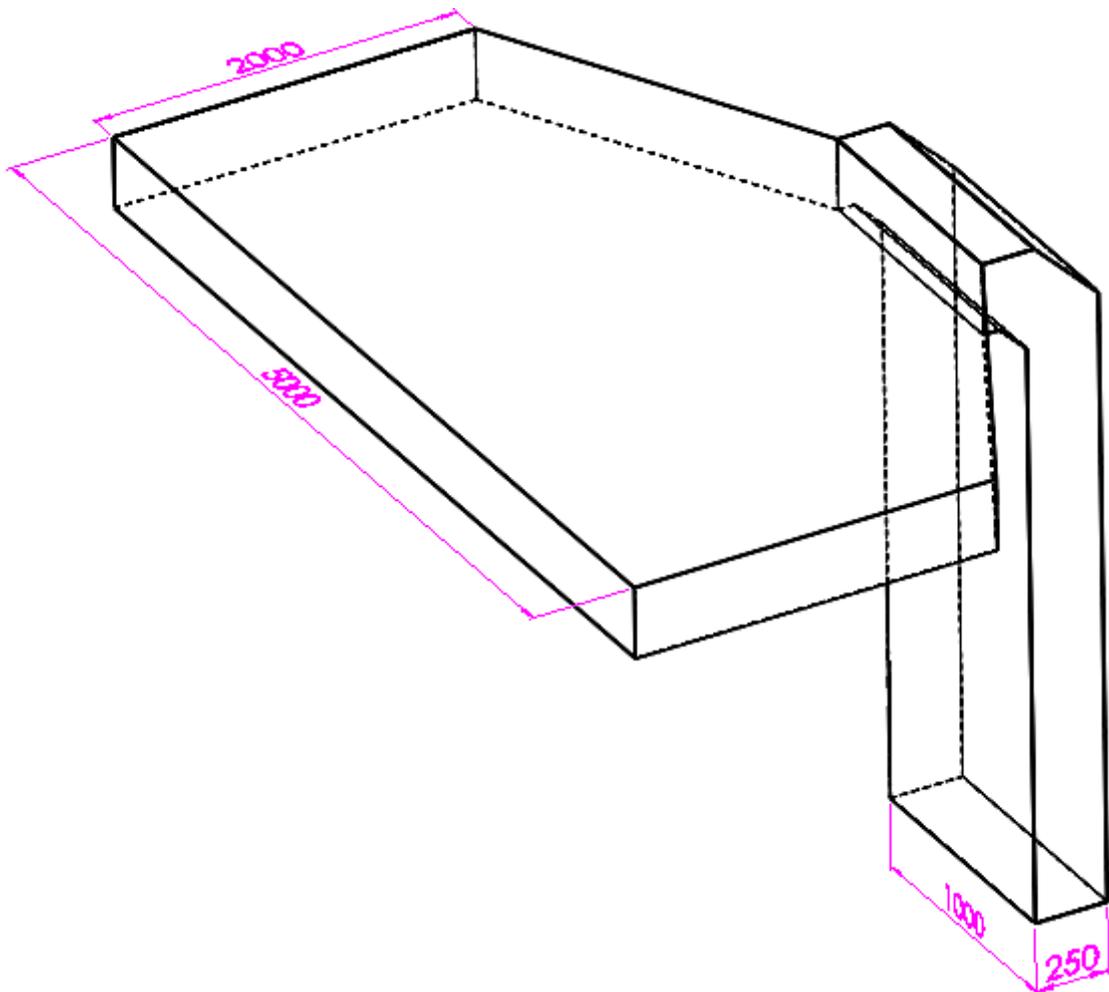


Figura 2.2 Dimensionamiento del ducto de admisión

2.3.2. DIMENSIONAMIENTO DE LOS DUCTOS DE LA FOSA

El aire dentro de la cabina circula desde arriba hacia abajo, creando un flujo vertical y descendente que garantiza la adecuada renovación de aire del interior de la cabina. Las salidas de este aire se realizan por una fosa enrejillada (figura 2.3), con filtros que se encuentran debajo de las rejillas y que retienen los restos de la pintura en suspensión.

La longitud y la separación de los colectores de la fosa (figura 2.3) se determinan en función de la máxima distancia entre ejes (4600 mm) y la separación entre los

neumáticos (1600 mm) de un camión pequeño. Mientras que para el ancho del colector se multiplicó por tres el ancho de los neumáticos (800 mm), lo que garantiza un movimiento envolvente del aire y así evitar que se disipe la pintura por el resto de la cabina.

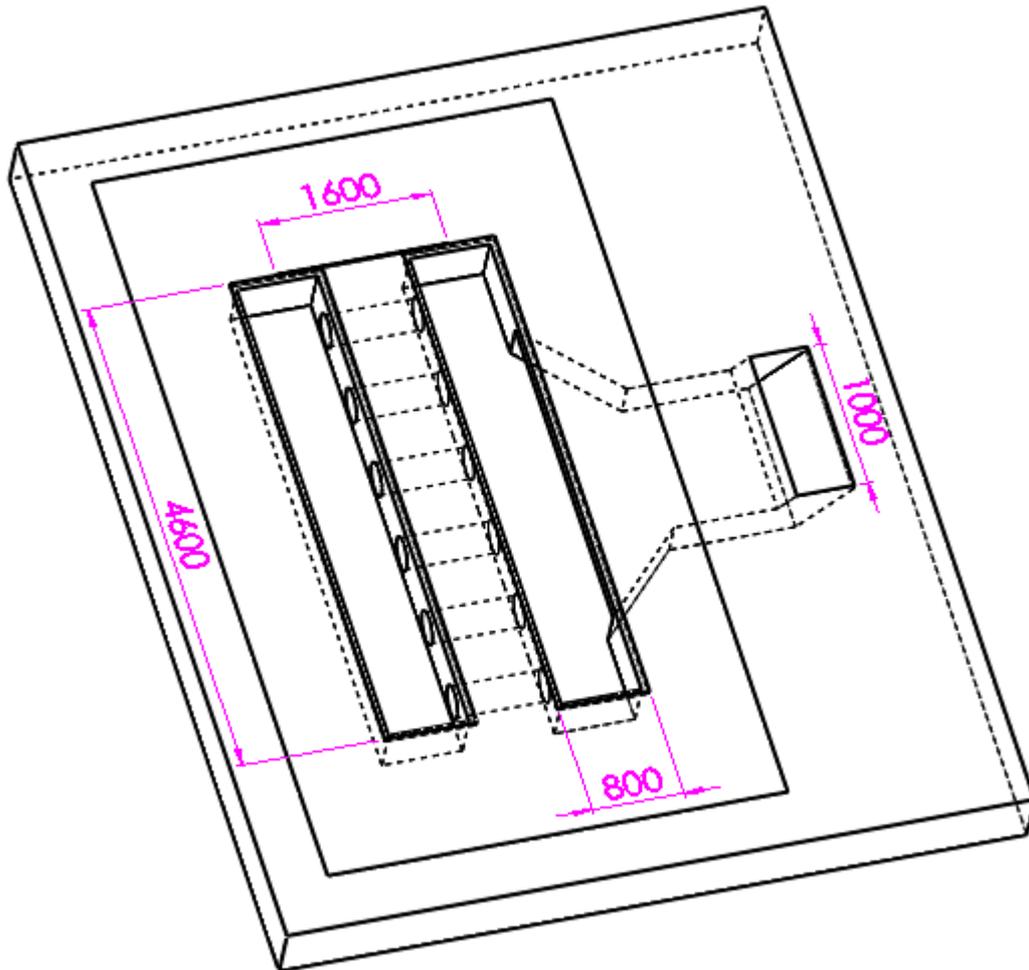


Figura 2.3 Dimensionamiento de los ductos de la fosa

El diámetro mínimo de los 6 ductos cilíndricos que conectan a ambas fosas, se calcula en función del área transversal mínima requerida en los ductos, determinada en la sección anterior.



Por lo tanto, para garantizar la adecuada renovación de aire del interior de la cabina, se selecciona un diámetro de los ductos de 300 mm.

2.4.- PÉRDIDAS DE PRESIÓN POR FRICCIÓN

Para poder determinar la capacidad de los ventiladores, es necesario calcular primero las pérdidas de presión debidas a la fricción del aire con los ductos y accesorios.

2.5.1. PÉRDIDAS DE PRESIÓN EN LOS DUCTOS

Para calcular la pérdida por fricción en los ductos se utilizan los nomogramas de los anexos 1 y 2 que corresponden a pérdidas por fricción en ductos rectangulares. Los mismos son adecuados para ductos limpios de acero galvanizado con unos 40 empalmes o uniones por cada 100 pies de longitud, y con aire en condiciones normales.

En la gráfica del anexo 1 se determina que para un ducto rectangular de 250 mm por 1000 mm, el diámetro de un ducto redondo equivalente es 520 mm (520 mm).

En la gráfica del anexo 2 se determina que para un ducto de 520 mm con un caudal $9042 \text{ m}^3/\text{h}$, las pérdidas de presión por metro de longitud del ducto es 2.6 Pa.

Para una longitud total del ducto de 2.8 m, la pérdida de presión total es:

2.5.2. PÉRDIDAS DE PRESIÓN EN LOS ACCESORIOS

Antes de encontrar las pérdidas de presión en los accesorios es necesario determinar la presión dinámica del aire en función de su velocidad.

Codo. En la gráfica del anexo 3 se determina que para una velocidad del aire de 10 m/s, la presión dinámica es:

La relación R/D del codo ante del plenum es:

— —————

Entonces, en la figura del anexo 4 se determina que el coeficiente de proporcionalidad “n” es 0.6.

Por lo tanto, la pérdida de presión en es:

Plenum. De forma semejante, de la figura del anexo 5 se determina que, para el ángulo del difusor de 45°, la pérdida de presión en el plenum viene dado por:

— —————

Entrada de aire. El coeficiente de proporcionalidad “n” para la entrada de aire hacia el ventilador se determina en el anexo 6 y su valor es de 1.25, por lo tanto, la pérdida de presión es:

Filtros. Las pérdidas de presión en los filtros se determinan en la gráfica del anexo 7 a partir del caudal de aire (9040 m³/h).

Las pérdidas de presión en los filtros se multiplican por 2 debido a que se instalarán filtros secos tanto en el plenum como en la fosa.

La pérdida total de presión por fricción en la cabina es igual a la sumatoria de las pérdidas parciales.

Por lo tanto, el ventilador seleccionado debe entregar una presión estática mayor a la pérdida de presión total.

2.5.- SELECCIÓN DEL VENTILADOR

Debido a que el aire en el interior de la cabina debe recircular continuamente, el ventilador seleccionado debe hacer la función tanto de impulsor como de extractor de aire.

El ventilador se selecciona del catálogo de Soler &Palau (anexo 8) a partir de los siguientes datos:

- Caudal requerido = 9040 m³/h
- Presión estática 27.43 mm cda
- Velocidad de motor = 1700 rpm

Del catálogo Soler &Palau (anexo 8) se selecciona un ventilador de la serie **DA 10/10**, el mismo que está fabricado en lámina galvanizada resistente a la corrosión y lleva acoplado un motor eléctrico de 2.0 kW de potencia que gira a 1700 rpm.

2.6.- CÁLCULO DE LOS REQUERIMIENTOS DE CALOR DE LA CABINA

La cabina será utilizada tanto para la etapa de pintado del vehículo calentando el aire a unos 20°C, como para la etapa de secado de la pintura en la que se calienta el aire hasta unos 50°C (323°K). Por lo tanto, los requerimientos de calor serán mayores en la etapa de secado, por lo que, el diseño térmico de cabina se lo hará para la etapa de secado.

2.6.1. CALENTAMIENTO INICIAL DEL AIRE DENTRO DE LA CABINA

Para poner en marcha la cabina en la etapa de secado, es necesario abrir completamente la compuerta de recirculación de aire, de manera que, el 100% de

la masa de aire en el interior de la cabina recircule a través de las resistencias eléctricas hasta alcanzar la temperatura de 50°C.

La masa total de aire en el interior de la cabina es:

Donde:

= volumen de aire en el interior de la cabina (es igual al volumen interior de la cabina) =

Reemplazando los datos se tiene:

—

Por lo tanto, la cantidad de calor () que se requiere para calentar la masa total de aire de la cabina, desde la temperatura ambiente hasta los 50°C viene dado por:

Donde:

= Calor específico del aire = 1004.7 J/kg °K

= Diferencia de temperatura

Reemplazando los valores se obtiene:

————

Tomando en cuenta que se requiere que la cabina alcance la temperatura de secado en un tiempo no mayor a 30 minutos, el flujo de calor requerido para el calentamiento inicial de la cabina es:

$$\frac{Q}{t} = \frac{m \cdot c_p \cdot \Delta T}{t}$$

2.6.2. CALENTAMIENTO DEL FLUJO DE AIRE RECIRCULADO

Una vez que el aire en el interior de la cabina ha alcanzado la temperatura de 50°C se cierra un 5% la compuerta de recirculación de manera que recircule el 95% de aire caliente y entre solo un 5% de aire nuevo.

Asumiendo que cuando el aire completa todo el trayecto de recirculación, su temperatura desciende 5°C, se tiene que el flujo másico de aire a 45°C es:

Donde:

$$= \text{flujo másico de aire requerido por la cabina} = 2.28 \text{ kg/s}$$

De manera semejante, debido a que solo un 5% del aire ambiente entra a la cabina, el flujo másico de aire a 17°C es:

Debido a que en ducto de admisión, los dos flujos de aire se mezclan, la temperatura de la mezcla viene dado por:

Por lo tanto, la cantidad de calor que se requiere para elevar la temperatura de la mezcla de aire a 50°C es:

— —

2.7.- CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS DE CALOR

Para reducir las pérdidas de calor en la cabina, sus paredes serán construidas con paneles prefabricados de espuma de poliuretano de 5 cm de espesor (2 plg).

Las pérdidas de calor en la cabina se producen por conducción, por convección y por radiación.

2.7.1. PÉRDIDAS DE CALOR POR CONDUCCIÓN ()

Estas pérdidas se producen a través de las paredes de la cabina y para hornos de secado pueden ser determinadas a partir de la ecuación del anexo 9.

Donde:

= coeficiente de conductividad térmica del aislante (espuma de poliuretano) =

= área total de transferencia de calor

= Diferencia de temperatura =

= temperatura interior del horno = 50°C = 122.0°F

= temperatura exterior del horno = 17°C = 62.6°F

= tiempo promedio de secado de un vehículo = 1 hora

= espesor del aislante = 2 plg

Reemplazando los valores se obtiene:

2.7.2. PÉRDIDAS DE CALOR POR CONVECCIÓN Y RADIACIÓN ()

Estas pérdidas se producen como resultado del movimiento del fluido y por la emisión del sólido. Para la cabina estas pérdidas pueden ser determinadas a partir de la ecuación del anexo 9.

Donde:

= área total de transferencia de calor =

= factor de pérdida combinada de convección y radiación(Anexo 10) =
0.005 W/plg² (para una temperatura de la superficie aislada de 122°F

Reemplazando los valores se obtiene:

2.7.3. PÉRDIDA DE CALOR TOTAL ()

Es igual a la suma de las pérdidas de calor por convección más las pérdidas combinadas por convección y radiación.

2.8.- CÁLCULO DE LA POTENCIA DE CALENTAMIENTO

La potencia total requerida para mantener la cabina a 50°C durante la etapa de secado, se obtiene sumando calor requerido para el calentamiento inicial de la cabina más las pérdidas de calor.

Con el objeto de contemplar situaciones particulares adversas así como diferentes tipos de pérdidas en el sistema de captación y acumulación de energía, se

incrementa el 15% a la potencia calculada, por lo que es necesario seleccionar varias células solares cuya potencia combinada sea de 4.5 kW.

2.9.- MODELADO Y ENSAMBLAJE DE LA CABINA

Con la aplicación de los diferentes comandos para croquizar, así como de los comandos para crear y editar operaciones de sólidos disponibles en SolidWorks, se modelan en tres dimensiones los diferentes componentes de la cabina de pintura y secado, para posteriormente realizar su ensamblaje y análisis fluidos mediante el programa SolidWorksFlowSimulation.

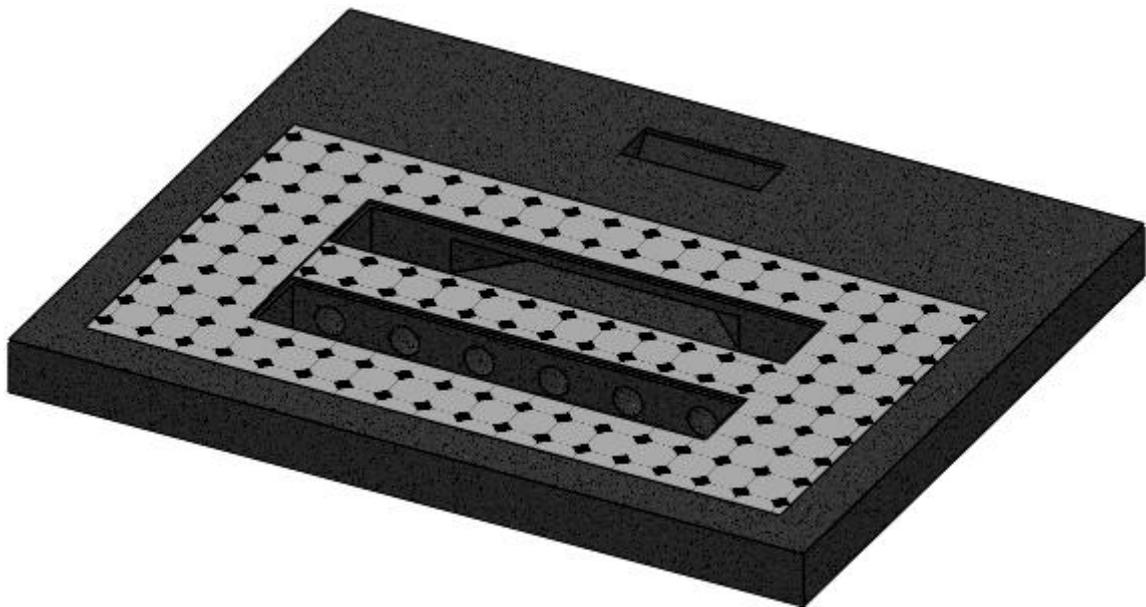


Figura 2.4 Modelo de la fosa de la cabina



Figura 2.5 Modelo de las rejillas del piso

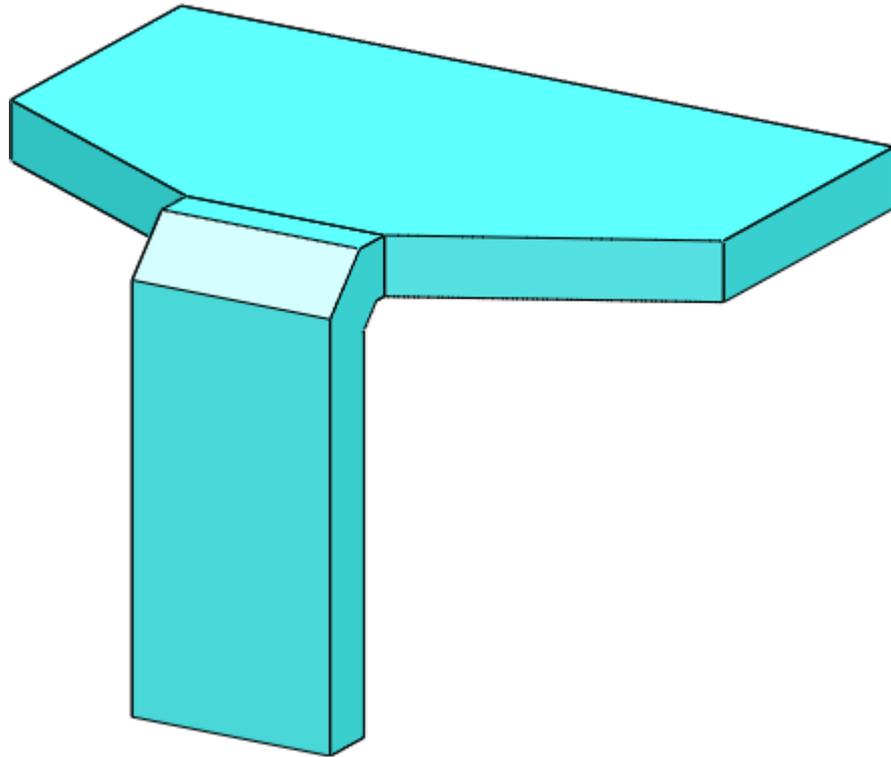


Figura 2.6Modelo del ducto de admisión

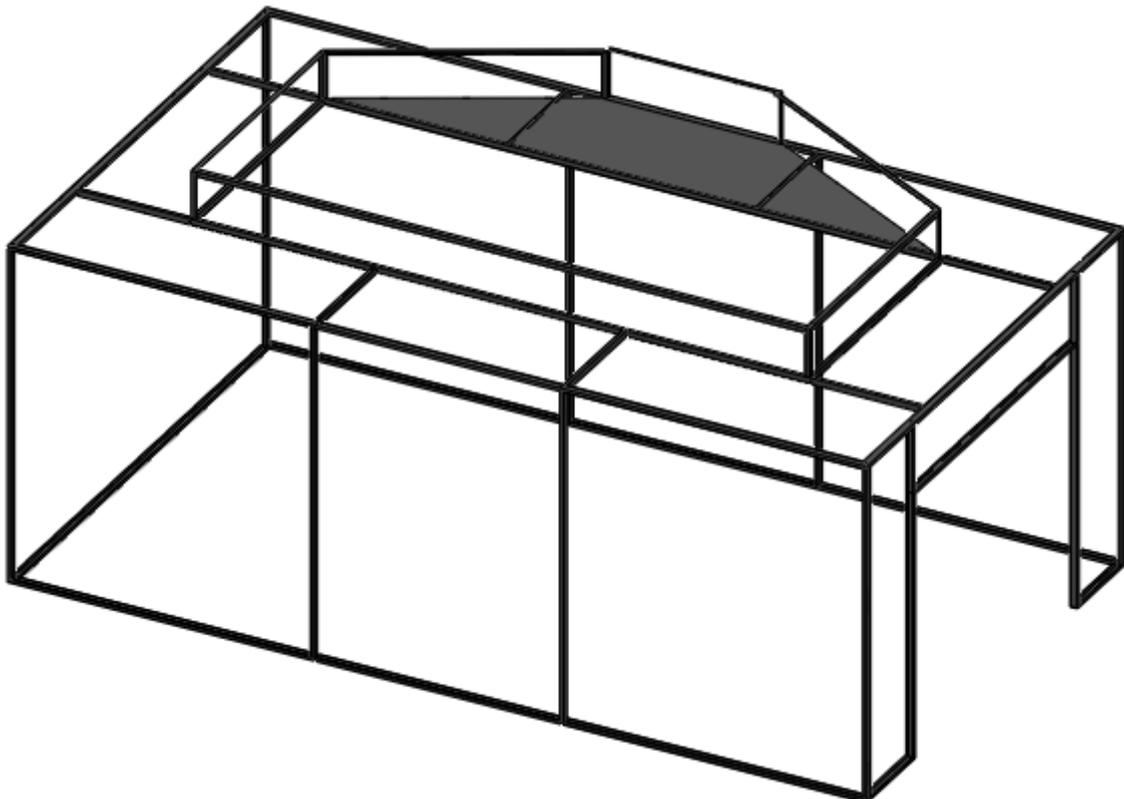


Figura 2.7Modelo de la estructura soporte

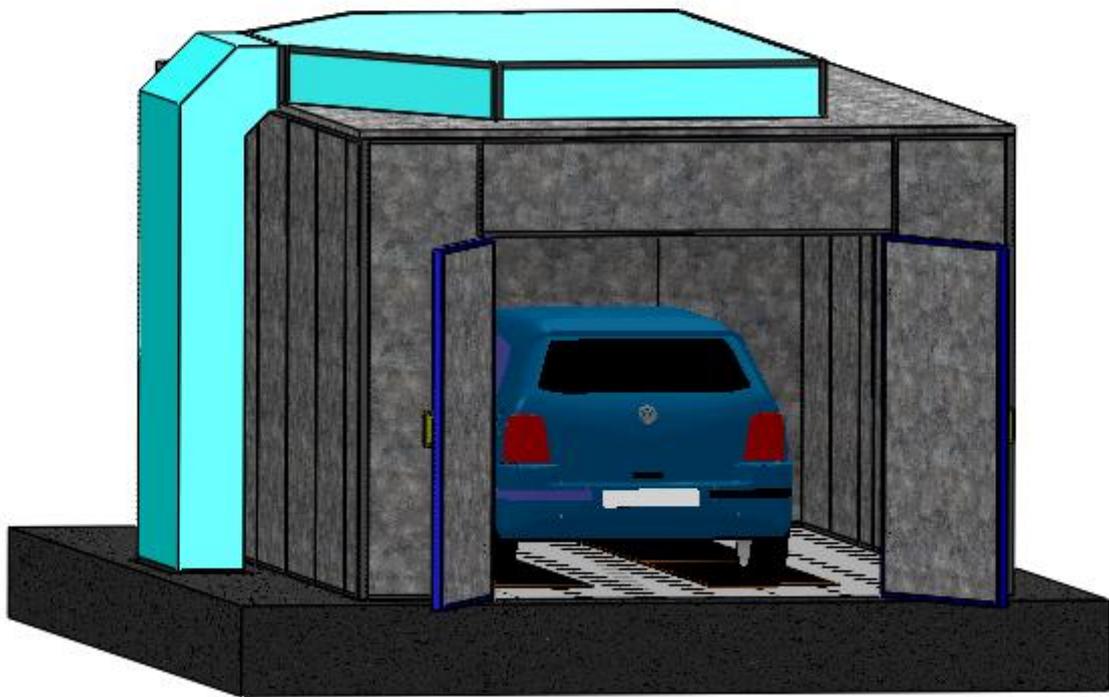
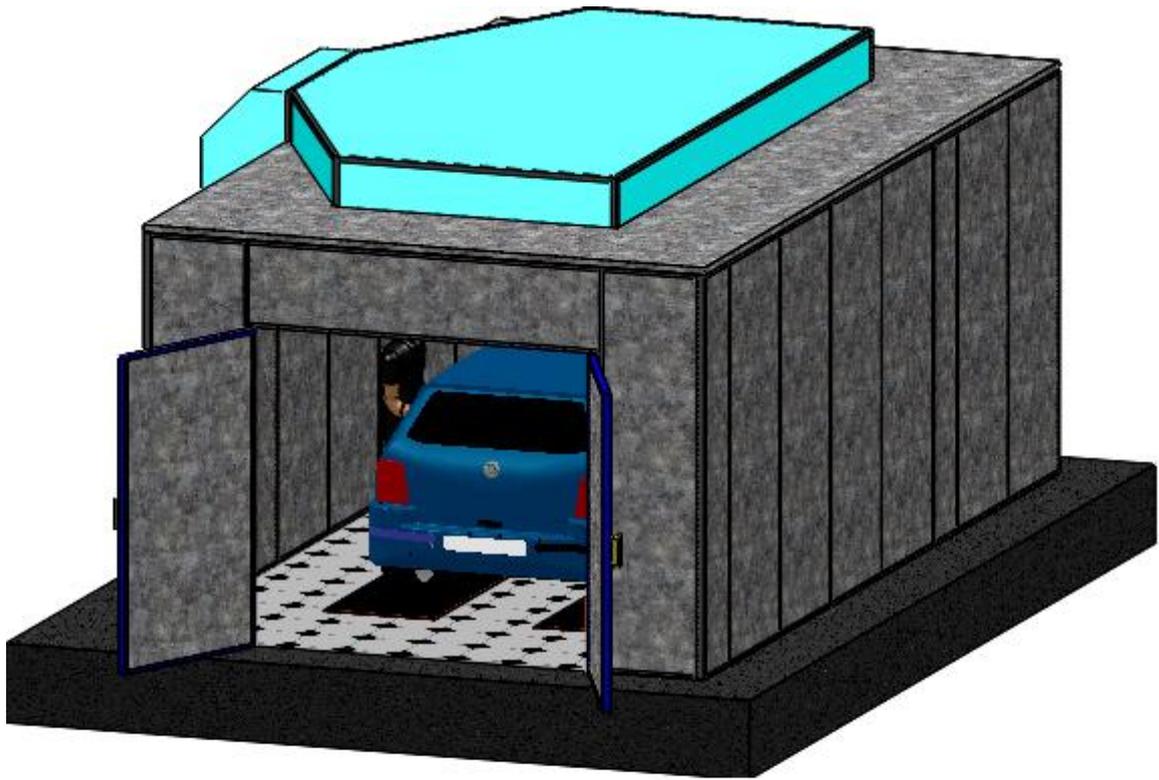


Figura 2.8 Ensamblaje total de la cabina de secado y pintura

2.10. SIMULACIÓN DEL PROCESO DE CALENTAMIENTO

Partiendo del ensamblaje de la cabina de pintura y secado, se genera en SolidWorksFlowSimulation un proyecto de análisis computacional de fluidos con el objeto de simular el funcionamiento térmico del mismo y obtener los resultados de temperatura, velocidad y presión del aire a medida que circula por los ductos y dentro de la cabina, para de esta manera asegurar su funcionamiento seguro y eficiente.

2.10.1. CREACIÓN DEL PROYECTO EN FLOW SIMULATION

Para crear el proyecto en SolidWorksFlowSimulation se siguen los pasos descritos a continuación:

- Utilizando el *Wizard* del menú FlowSimulation se configura los datos iniciales del proyecto.

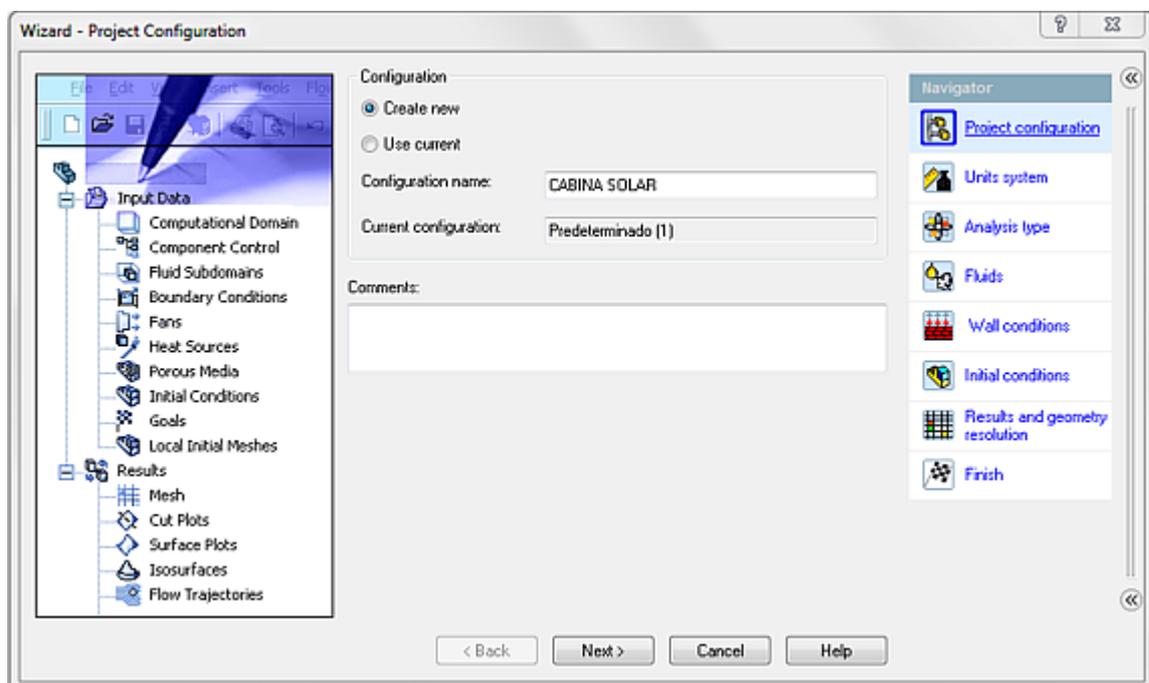


Figura 2.9 Asignación del nombre y configuración inicial del proyecto

- Luego se selecciona el *Sistema de Unidades* con que se desea trabajar y/o se especifica las unidades para cada parámetro.

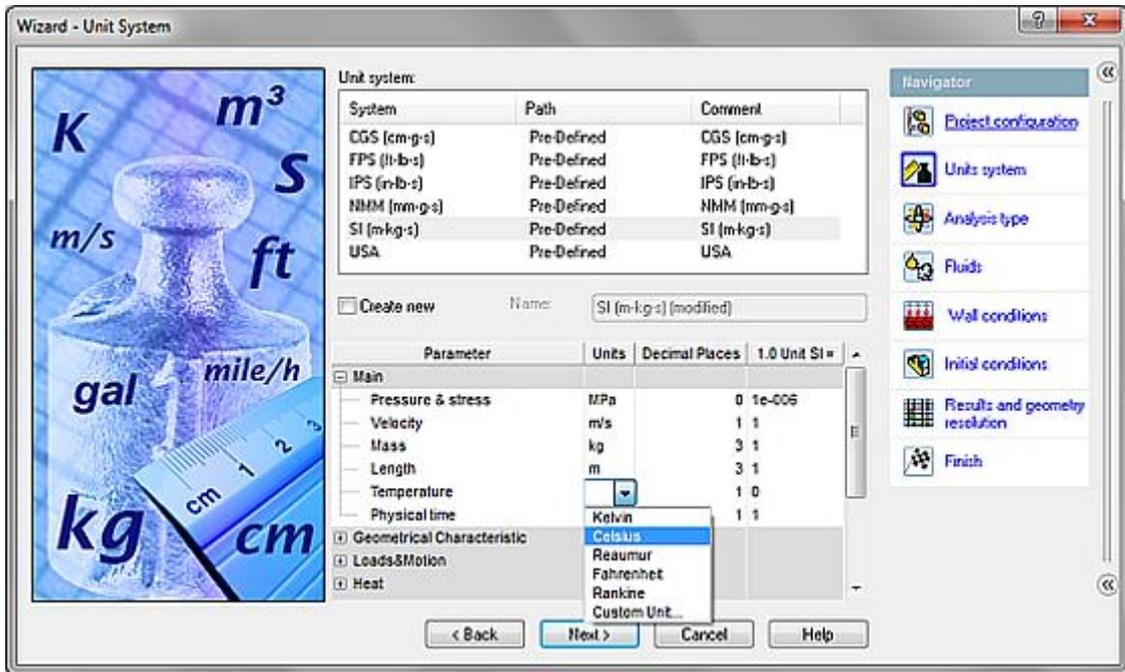


Figura 2.10 Selección del Sistema de Unidades

- A continuación se escoge el tipo de análisis que se desea realizar. Para nuestro caso seleccionamos un análisis del *Tipo Interno*.

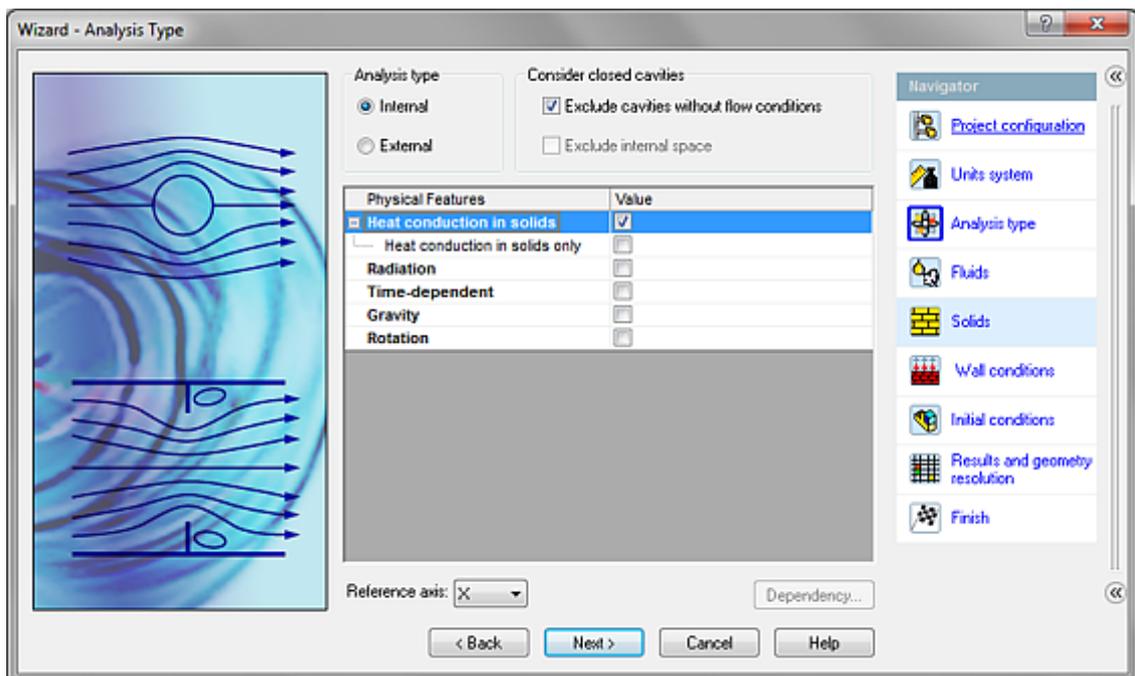


Figura 2.11 Ventana para la selección del tipo de análisis.

- En la siguiente ventana se selecciona el tipo de fluido que va a recorrer la cabina. Para nuestro caso es *Aire*.

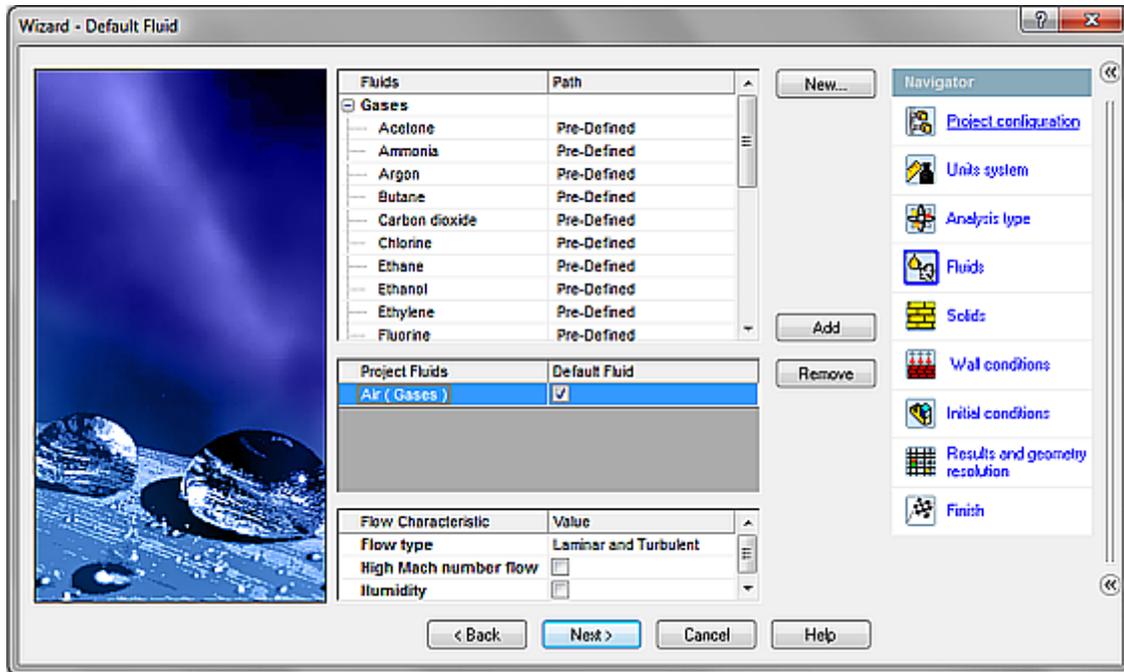


Figura 2.12 Selección del tipo de fluido.

- A continuación se asigna el material del sólido que por defecto predomina en la cabina. Para nuestro caso es *Poliuretano*.

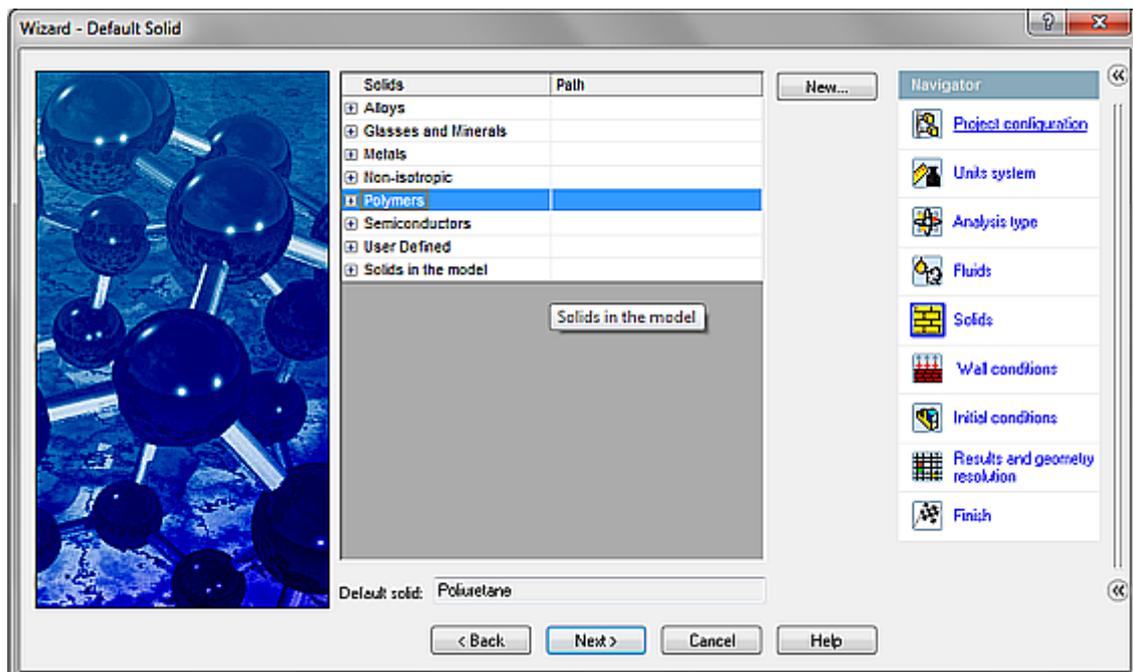


Figura 2.13 Selección del material del sólido.

- Luego se configura las condiciones de la pared con los datos del coeficiente de transferencia de calor por convección y la rugosidad.

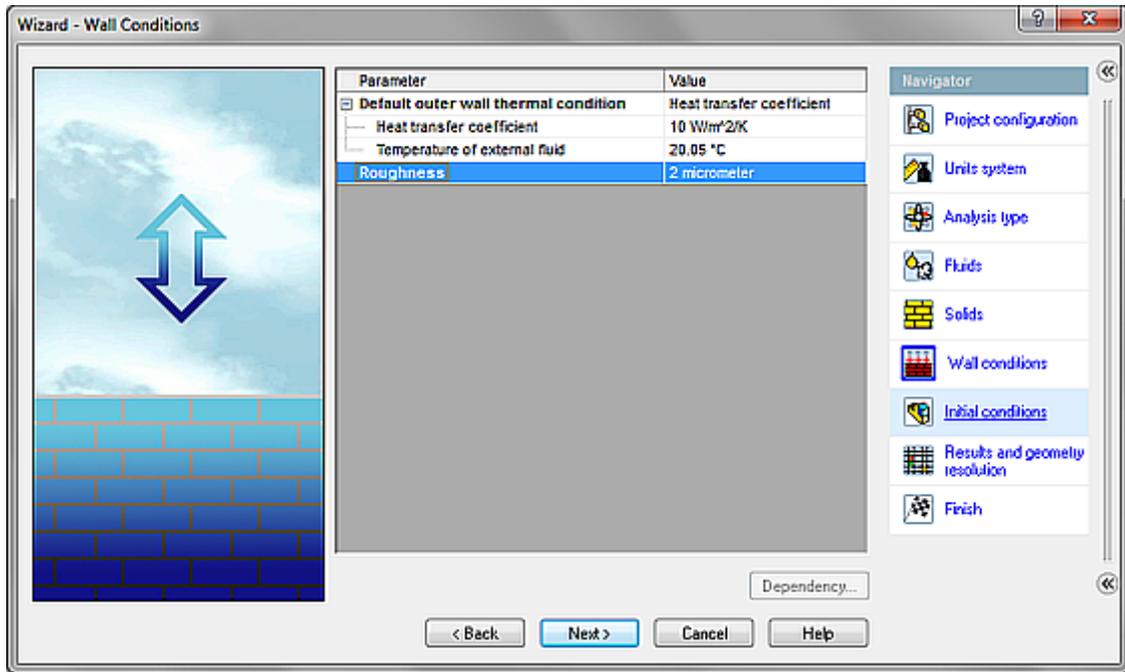


Figura 2.14 Configuraciones de las condiciones de la pared

- En la siguiente ventana se configura las condiciones ambientales iniciales de presión y temperatura.

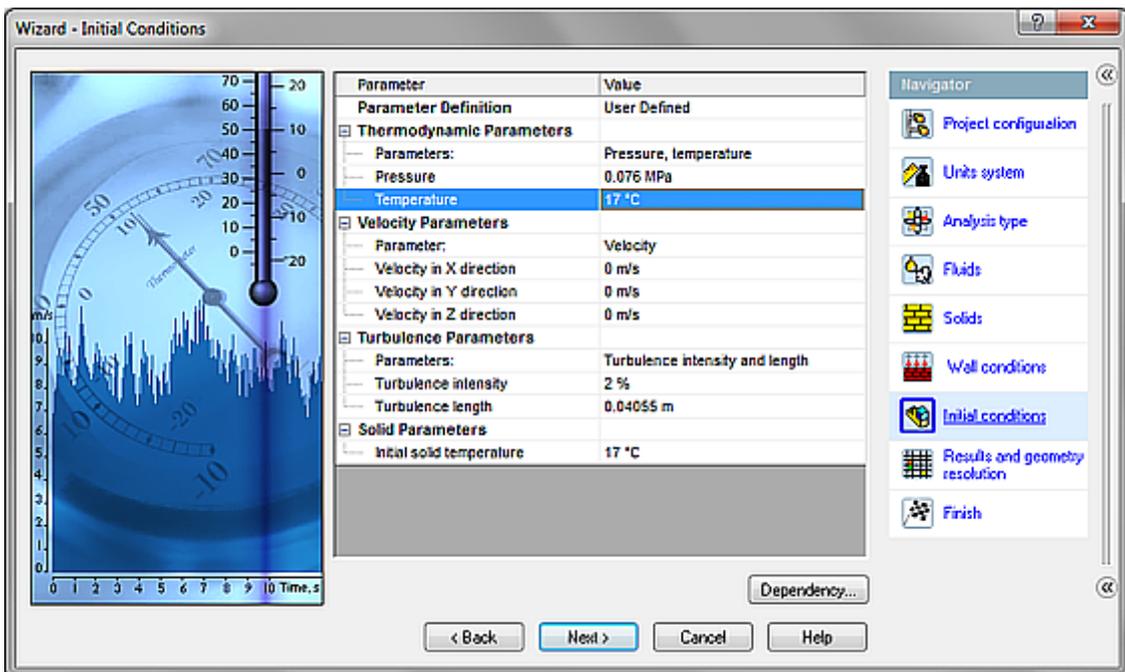


Figura 2.15 Configuración de las Condiciones Iniciales

- Finalmente se configura la geometría de resolución y el tamaño del mallado en función del tamaño mínimo de la sección por la que tiene que atravesar el aire y el mínimo espesor de pared dentro de la cabina.

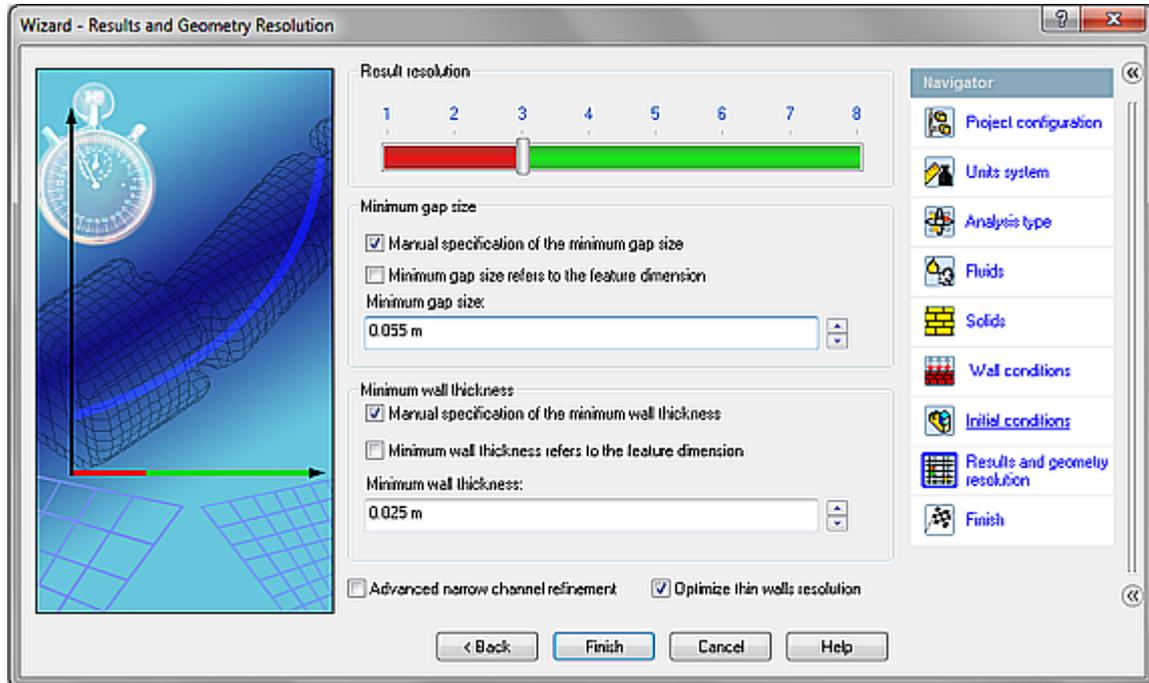


Figura 2.16 Configuración de la geometría de resolución y el tamaño del mallado

Una vez finalizada la configuración inicial del proyecto con la ayuda del Wizard se presiona el botón *Finish*, con lo que SolidWorks crea un estudio térmico y neumático para el ensamble de la cabina en el módulo de FlowSimulation, el mismo que nos permite ingresar y asignar de forma rápida y sencilla los siguientes parámetros iniciales requeridos para el diseño térmico y neumático de la cabina:

- Flujo másico de aire = 2.28 kg/s
- Presión atmosférica = 0.076 MPa
- Potencia de calentamiento = 3.88 kW

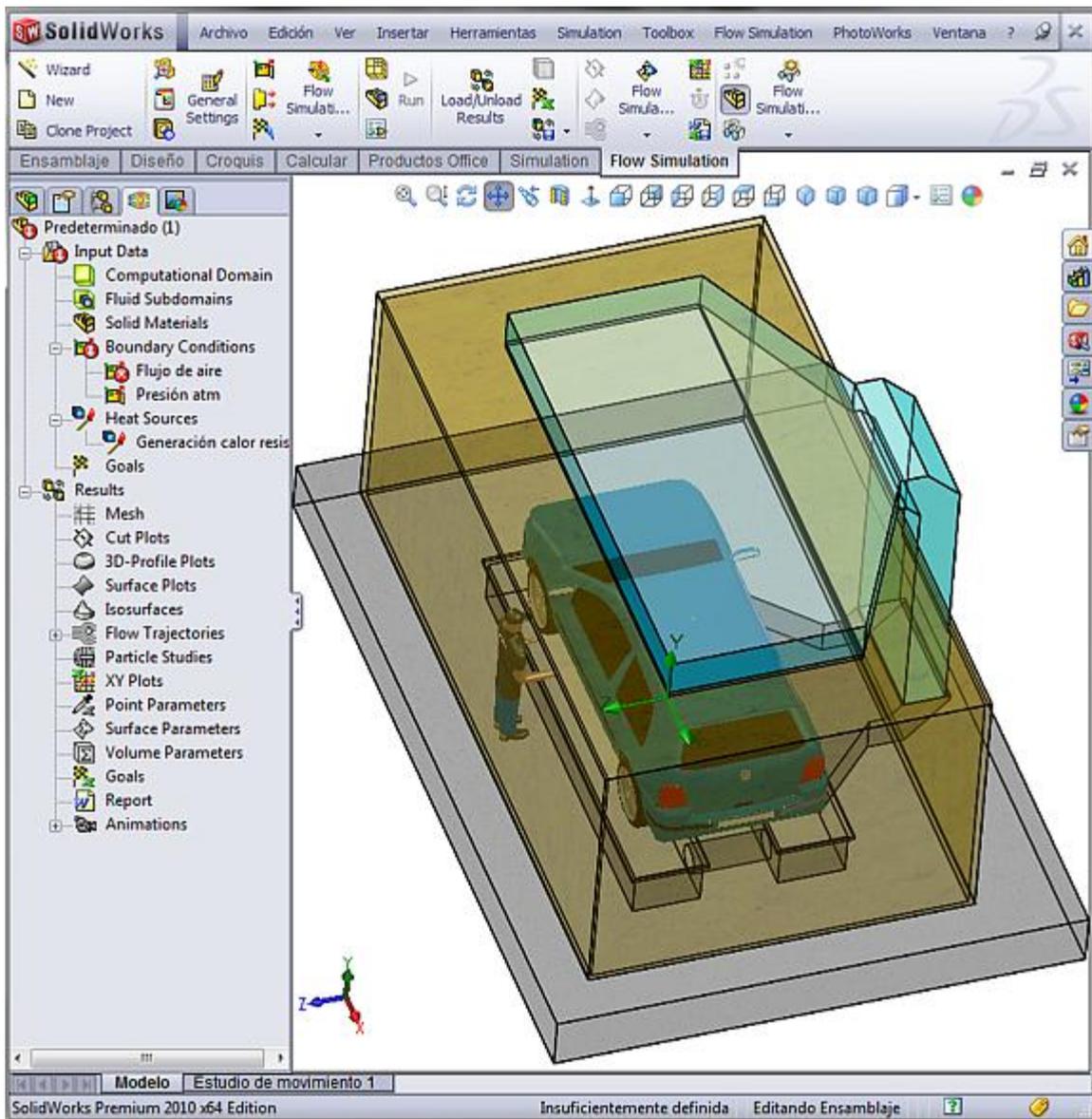


Figura 2.17Asignación de los parámetros iniciales de diseño en el estudio deFlowSimulation

Luego de que se han asignado los parámetros iniciales de diseño, se corre el estudio térmico de la cabina en la etapa de secado mediante la ejecución del comando *Run*. Una vez que ha transcurrido el tiempo necesario para que los *Solvers* (programas de resolución de problemas rápidos) de SolidWorks (figura 2.18), chequen la geometría del modelo y lo mallen, se obtienen los diferentes resultados del estudio.

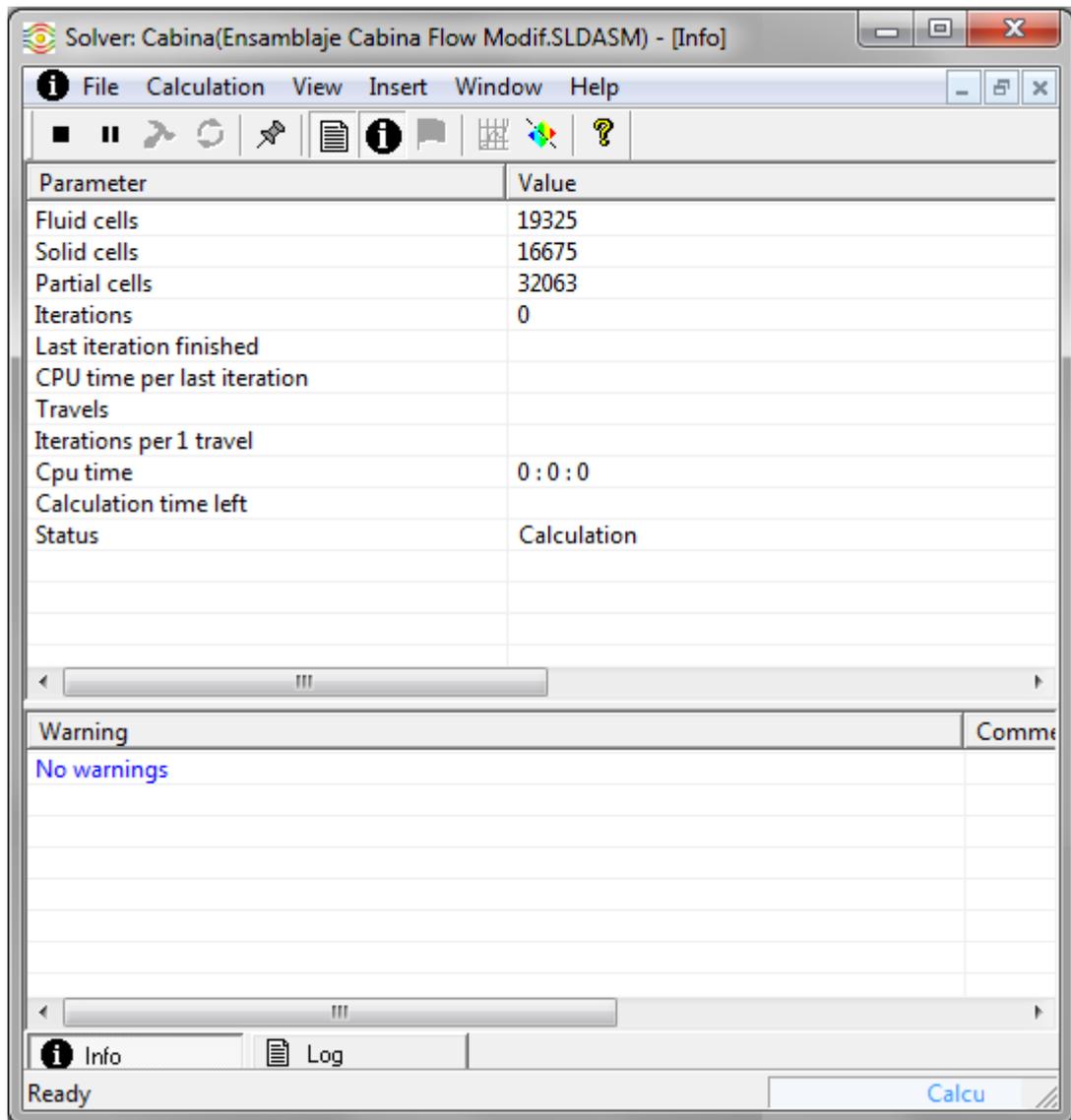


Figura 2.18Ejecución de los Solvers de SolidWorksFlowSimulation

2.10.2.RESULTADOS

Una vez finalizada la ejecución de los Solvers, en el estudio térmico de SolidWorksFlowSimulation se procede a generar los diferentes resultados del análisis, tanto de forma gráfica así como también en tablas de Excel, mediante la configuración de las distintas opciones de la herramienta *Results* en la pestaña *FlowSimulationanalysisistree*, como se indica en la figura 2.19.

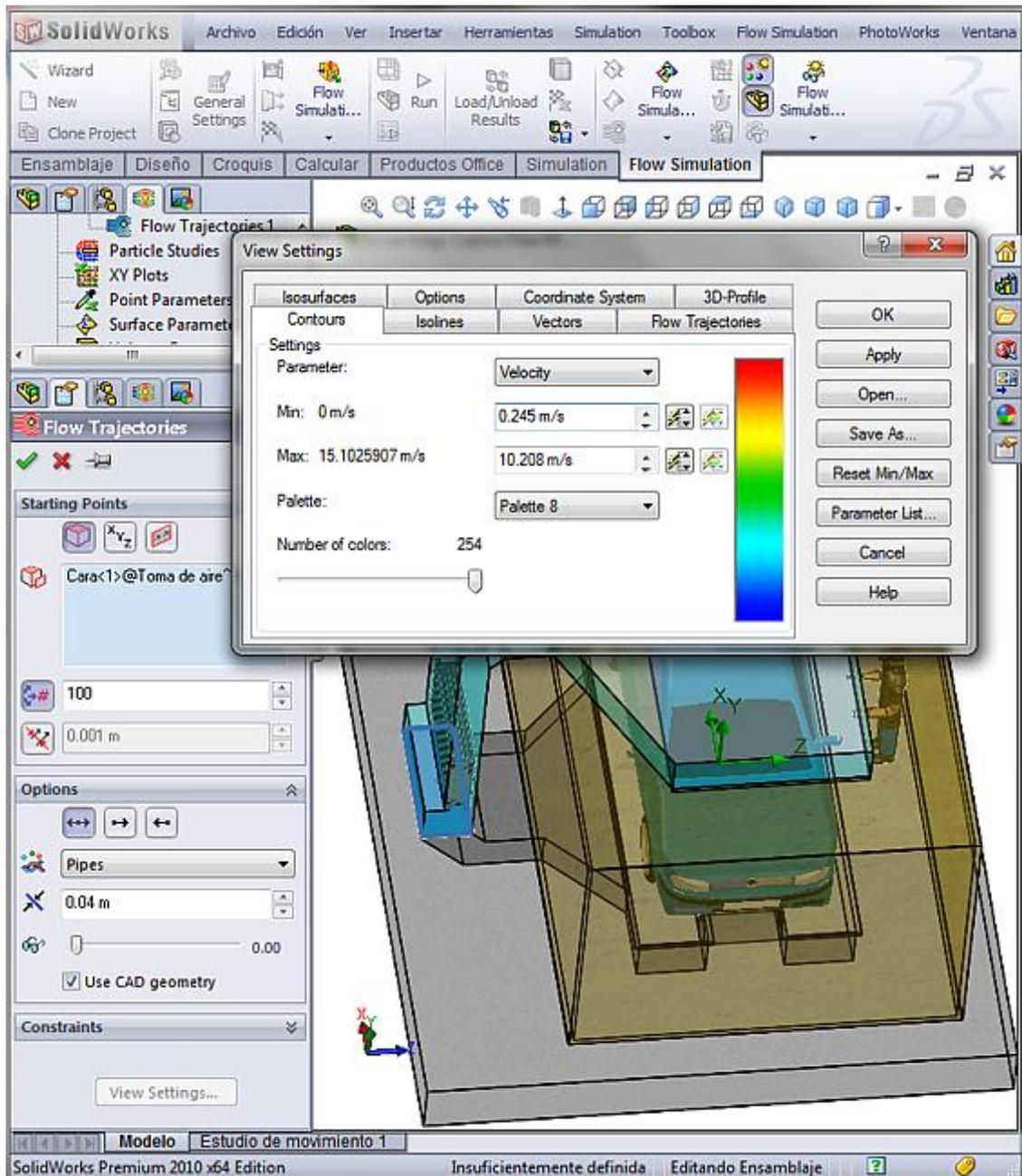


Figura 2.19 Generación de los diferentes tipos de resultados

A continuación se muestran los resultados obtenidos de temperaturas, velocidades y presiones que se generan cuando el aire caliente circula por el interior de la cabina y los ductos durante la etapa de secado de la pintura.

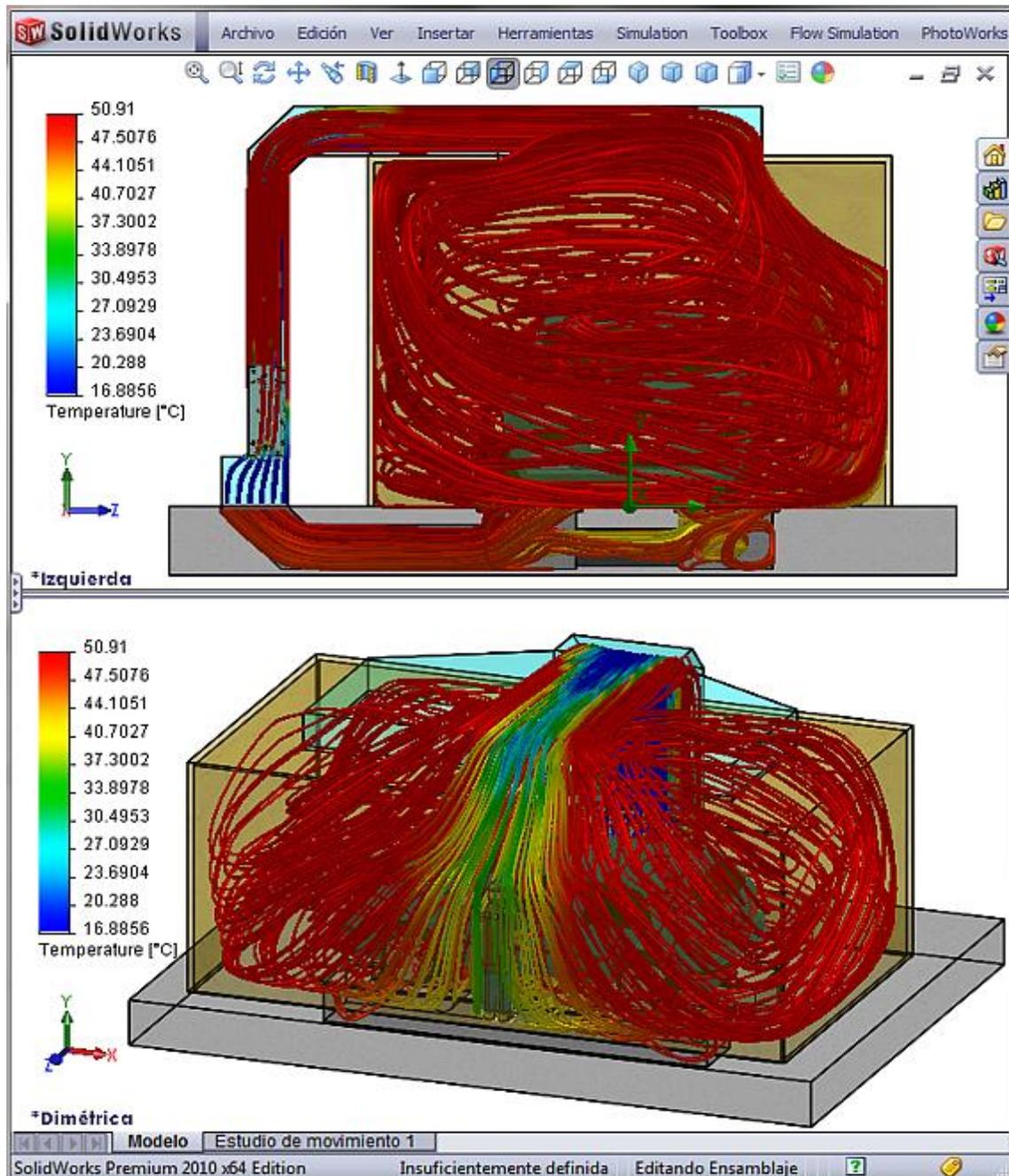


Figura 2.20 Distribución de temperaturas

Al analizar la figura 2.20 se observa que la temperatura del aire varía, desde un valor mínimo de 16.8856°C a la entrada del aire en los ductos, hasta un valor máximo de 50.91°C al pasar por las resistencias eléctricas, y esta temperatura se mantiene en la mayor parte del interior de la cabina, por lo que, la potencia de calentamiento calculada es correcta.

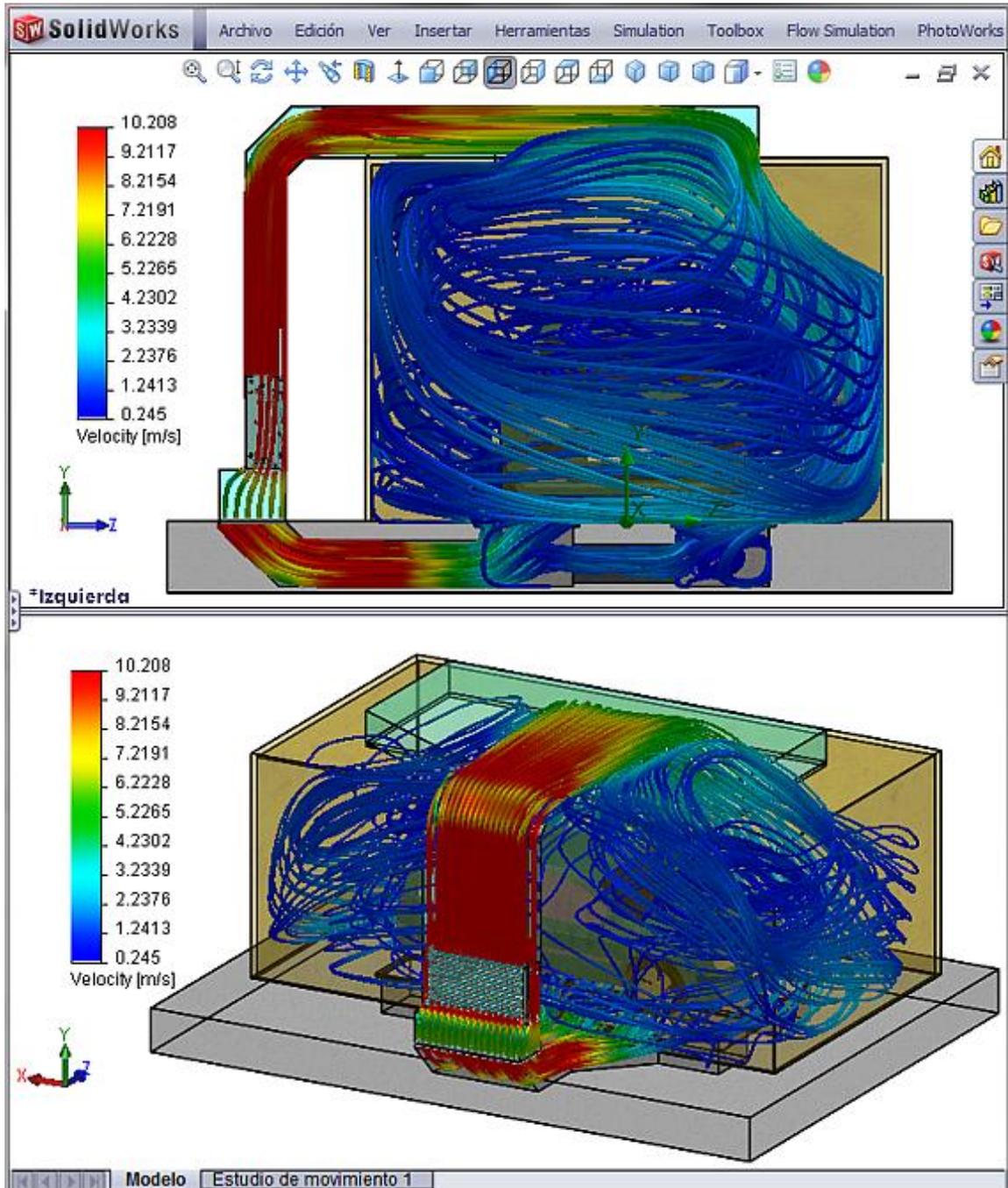


Figura 2.21 Distribución de velocidades

En la figura 2.21 se muestra la distribución de velocidades y se observa que la velocidad máxima del aire es de 10.208 m/s, mientras que la velocidad mínima es de 0.245 m/s, por lo tanto se concluye que la distribución de velocidades del aire en los ductos y la cabina cumple con los requerimientos de diseño mencionados en la sección 2.1.

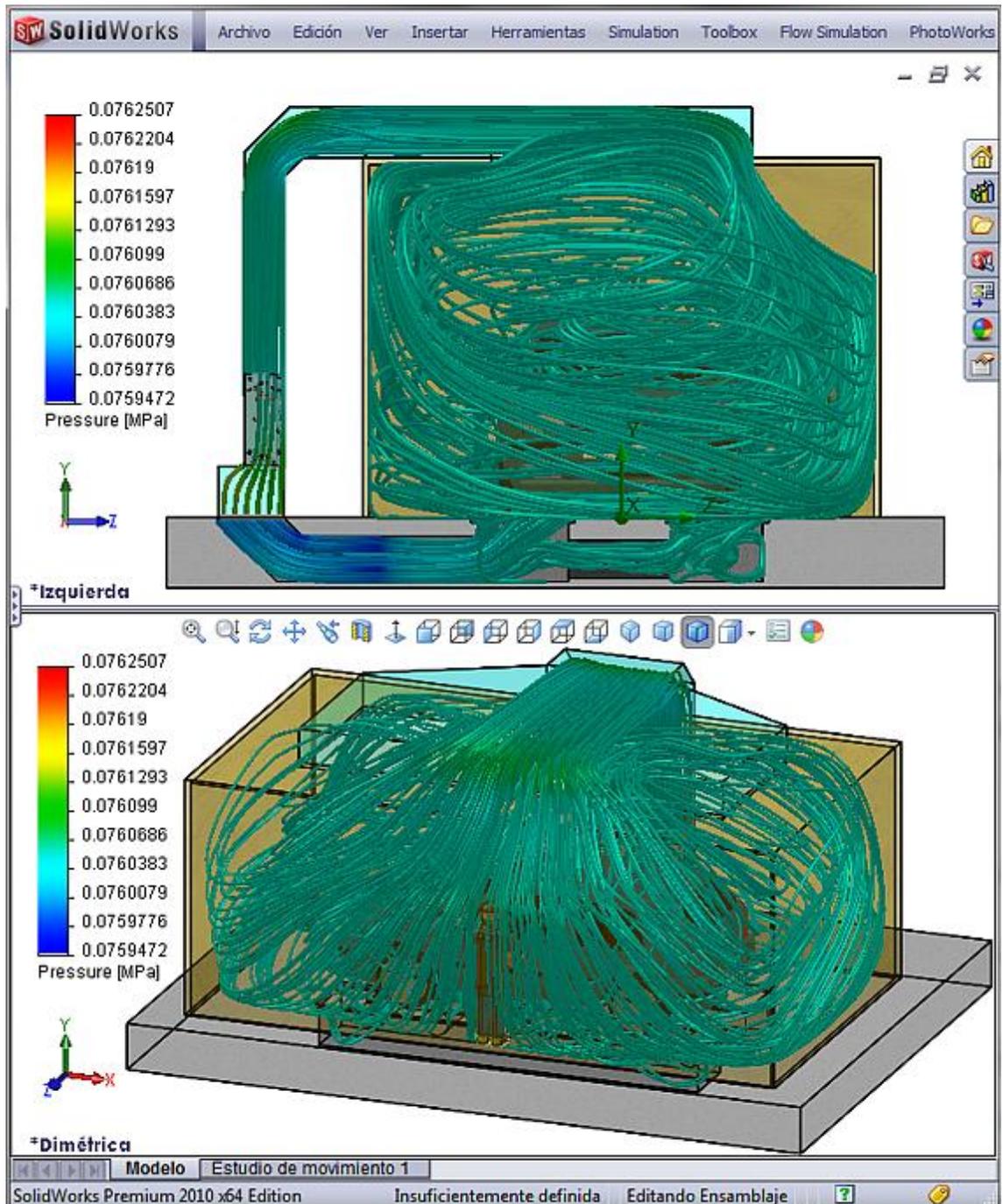


Figura 2.22 Diagrama de presión total

Del diagrama de presión total se determina que la presión total varía, desde un valor máximo de 0.762507 MPa hasta un valor mínimo de 0.0759472 Mpa, por lo tanto, la caída de presión total es de 303.5 Pa (30.9 mm cda), valor que se aproxima bastante a los 27.43 mm cda determinados en la sección 2.4.2.

CAPITULO III

III.- DISEÑO MECÁNICO DE LA CABINA

3.1.- PARÁMETROS DE DISEÑO

Antes de proceder con el análisis de esfuerzos y el diseño de la estructura soporte de la cabina y de las rejillas de la fosa, a continuación se presenta un resumen de los parámetros que influyen directamente en el diseño mecánico de los elementos de la cabina:

- Peso aproximado de los paneles aislante del techo = 3000 N
- Peso aproximado del material filtrante del plenum = 500 N
- Peso de dos personas (para mantenimiento) = 1500N
- Material de la estructura Acero estructural ASTM A36

3.2.- DISEÑO DE LA ESTRUCTURA SOPORTE

Esta estructura soporta todos los elementos constitutivos de la cabina como: ductos paneles aislantes, resistencias eléctricas, etc., por lo tanto, debe ser lo suficientemente rígida para soportar el peso de estos componentes y de las cargas que se generan por el movimiento del aire.

Tabla3.1 Propiedades del acero estructural ASTM A36

Nombre de propiedad	Valor	Unidades	Tipo de valor
Módulo elástico	2e+011	N/m ²	Constante
Coefficiente de Poisson	0.26	NA	Constante
Módulo cortante	7.93e+010	N/m ²	Constante
Densidad	7850	kg/m ³	Constante
Límite de tracción	4e+008	N/m ²	Constante
Límite elástico	2.5e+008	N/m ²	Constante

La estructura soporte será fabricada con diferentes tipos de perfiles estructurales de acero ASTM A36 cuyas propiedades mecánicas se muestran en la tabla 3.1.

Asignación de Cargas y Sujeciones

De acuerdo con lo mencionado en los parámetros de diseño, la estructura soporte debe resistir el peso de los paneles aislantes, filtros, 2 personas de mantenimiento y el propio peso de los perfiles estructurales.

$$\text{Peso total sobre la estructura} = (3000 + 500 + 1500) \text{ N} = 5000 \text{ N}$$

Para considerar el propio peso de la estructura se activa la gravedad

Las sujeciones de la estructura soporte se le asigna en su base, en los puntos de anclaje al suelo.

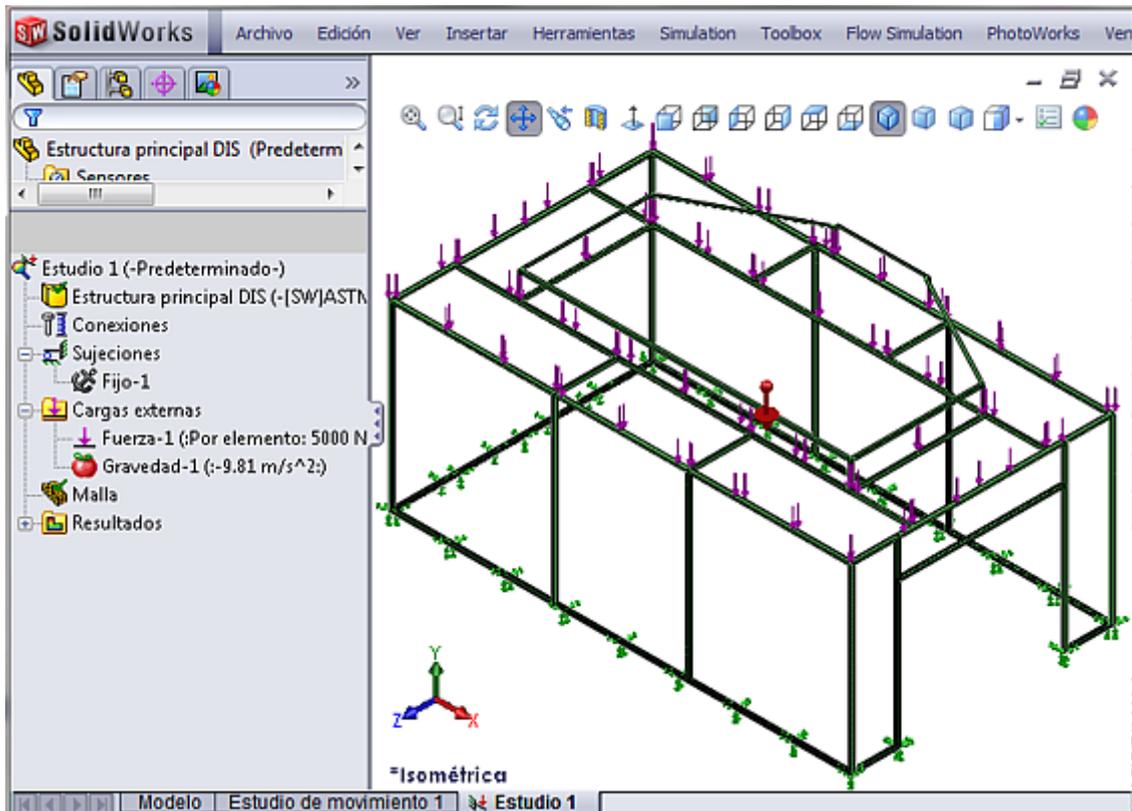


Figura 3.1 Asignación de cargas y sujeciones a la estructura soporte

Mallado y Ejecución de Estudio de Diseño

Una vez asignadas las cargas y las sujeciones se procede a mallar el modelo de la estructura para luego ejecutar su estudio de diseño.

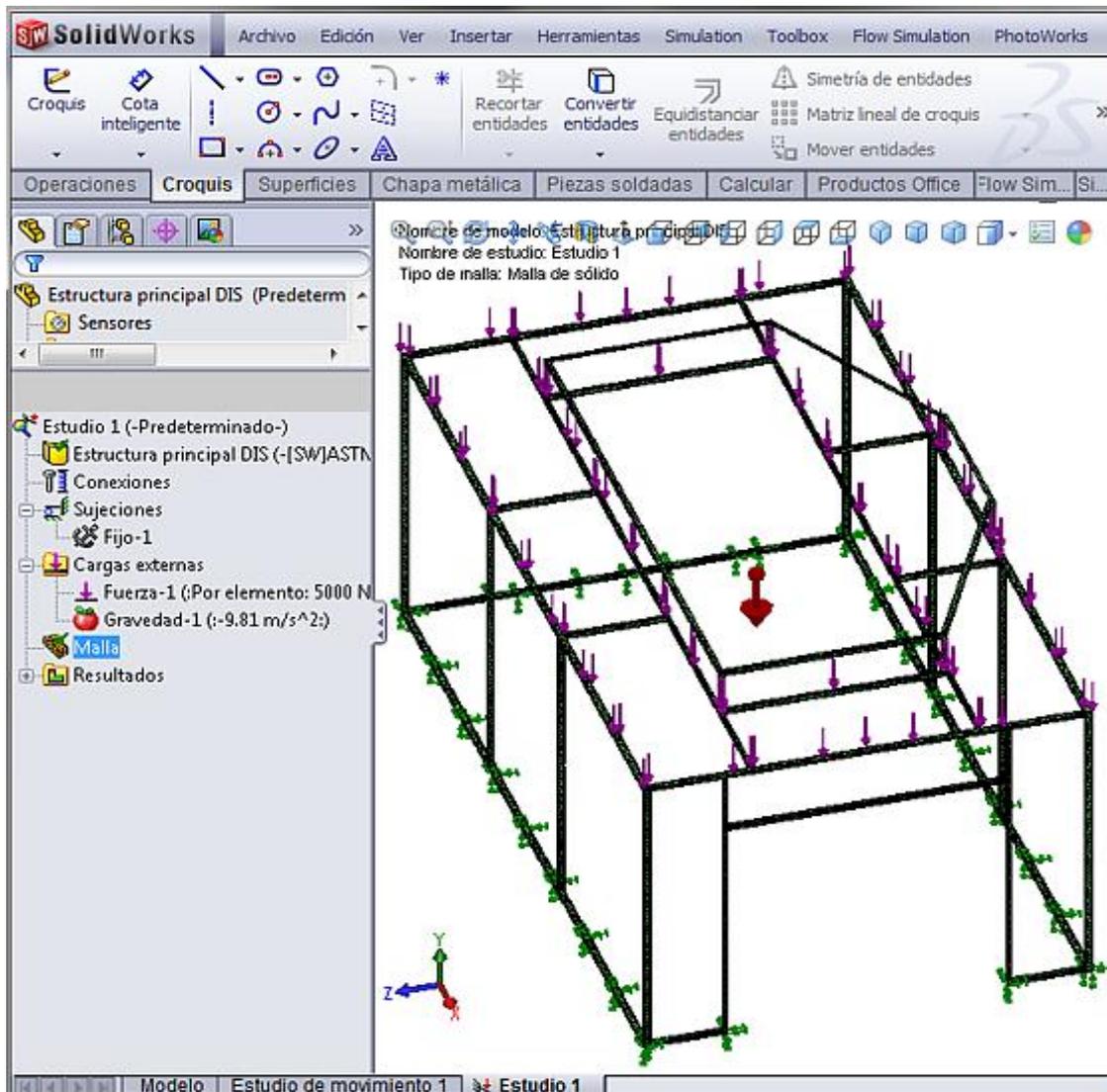


Figura 3.2 Mallado del modelo de la estructura soporte

Resultados

Luego de mallar el modelo de la estructura soporte se ejecuta su análisis de esfuerzos el programa SolidWorksSimulation, obteniéndose los siguientes resultados:

Esfuerzo de Von Mises

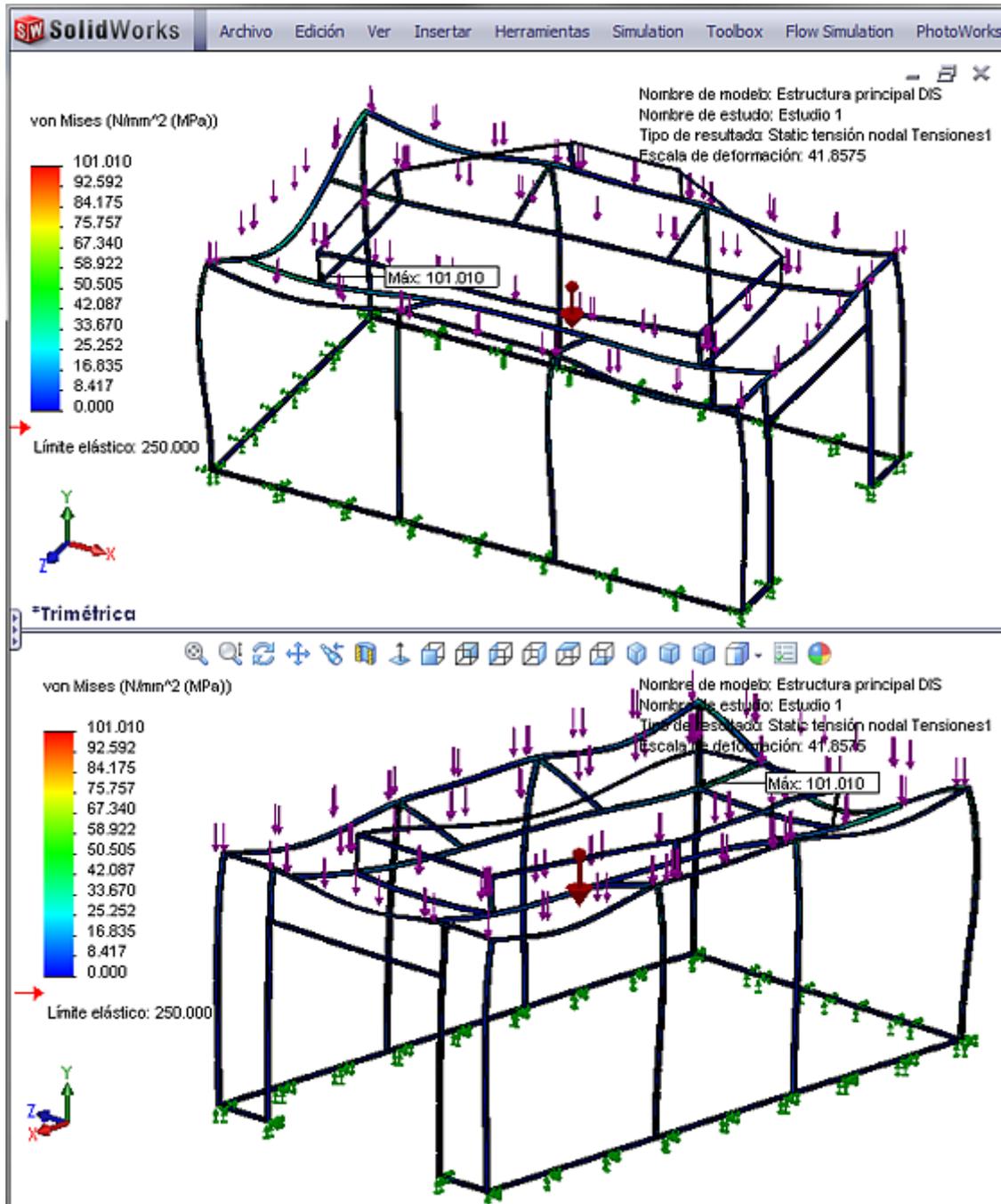


Figura 3.3 Tensión de Von Mises en la estructura soporte

Al analizar la figura 3.3 se observa que la máxima tensión de Von Mises en la estructura soporte es de 101.01MPa y se produce en las vigas que soportan el plenum, sin embargo, al ser ésta tensión menor que el límite elástico del acero estructural ASTM A36, la estructura soporte no falla.

Desplazamientos resultantes

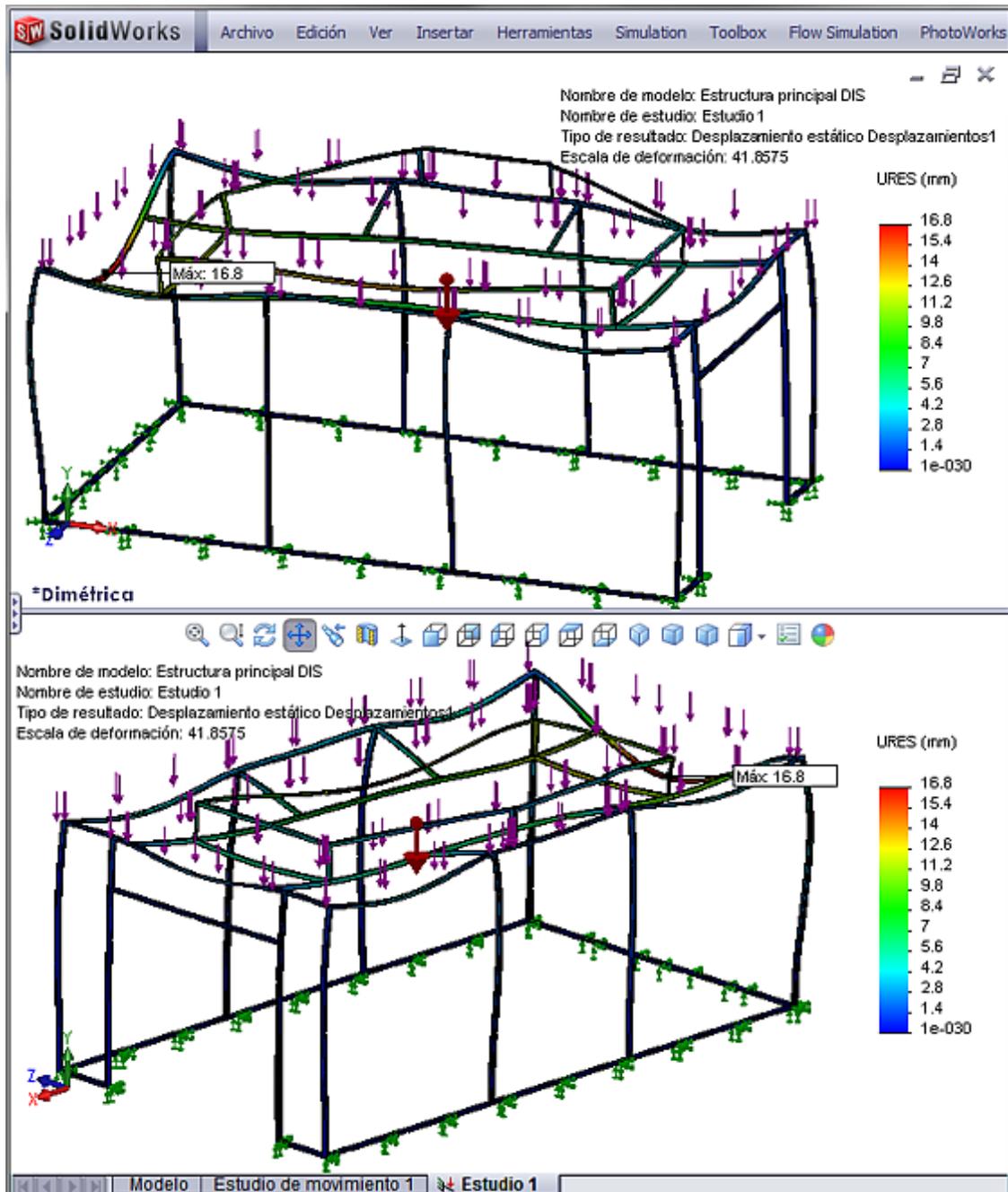


Figura 3.4 Desplazamientos resultantes en la estructura soporte

En la figura 3.4 se observa que los desplazamientos máximos se producen en la viga transversal de la estructura y su valor de 16.8 mm, sin embargo, al tomar en cuenta las dimensiones de la cabina se considera que este desplazamiento no afecta su funcionamiento normal y seguro.

Factor de seguridad

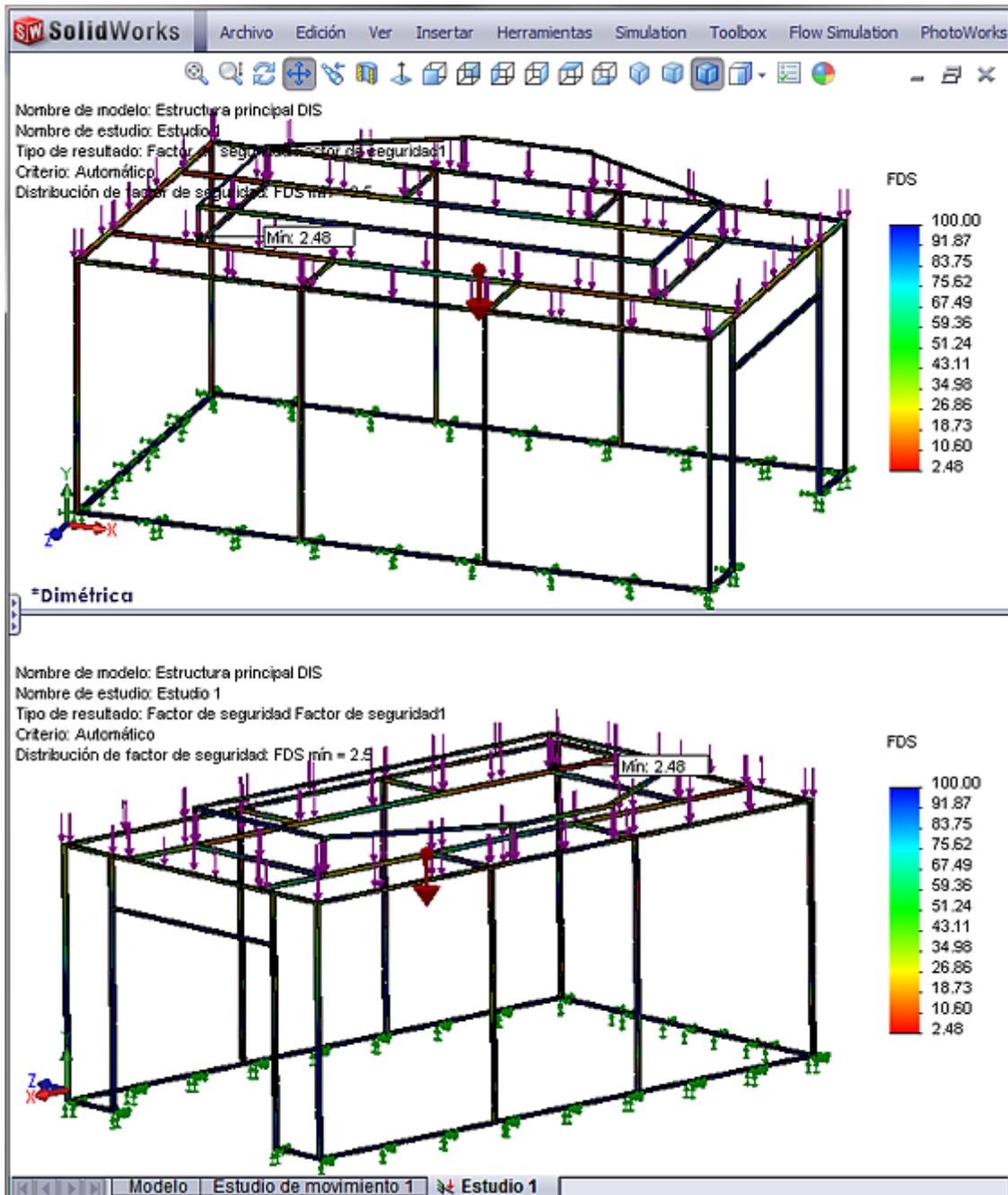


Figura 3.5 Distribución del factor de seguridad en la estructura soporte

Con respecto a la distribución del factor de seguridad en la figura 3.5 se observa que las zonas críticas se encuentran en las vigas que soportan el plenum, sin embargo, ya que el valor mínimo del factor de seguridad es de 2.48, se concluye que el diseño de la estructura soporte es seguro.

3.3.- DISEÑO DE LA REJILLA

Sobre la rejilla de la fosa descansa el vehículo que se va a ser pintado o secado, por lo tanto, la rejilla debe ser lo suficientemente rígida para soportar el peso del vehículo más grande que entra en la cabina de pintura y secado.

Asignación de Cargas y Sujeciones

La rejilla será fabricada con ángulos y varillas de acero estructural ASTM A36 y cada una debe soportar la mitad del peso del vehículo más pesado que entre en la cabina:

= _____ =

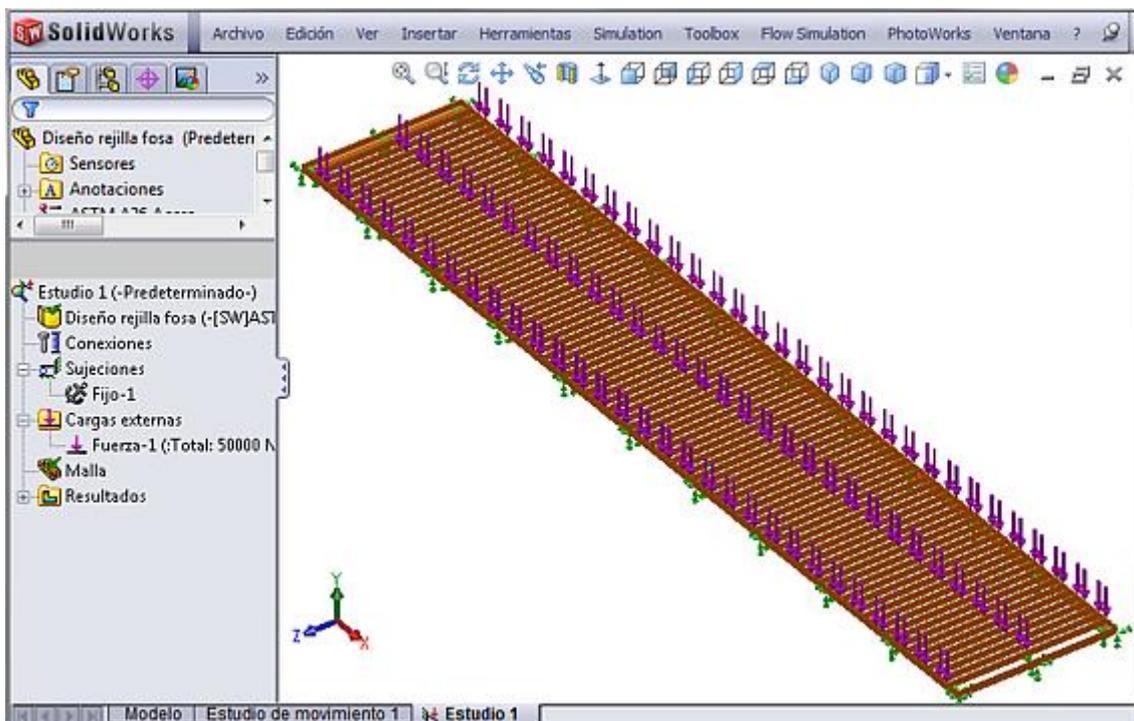


Figura 3.6 Asignación de cargas y sujeciones a la rejilla

Mallado y Ejecución de Estudio de Diseño

Luego de asignar las cargas y sujeciones a la rejilla de la fosa, se procede a mallar el modelo.

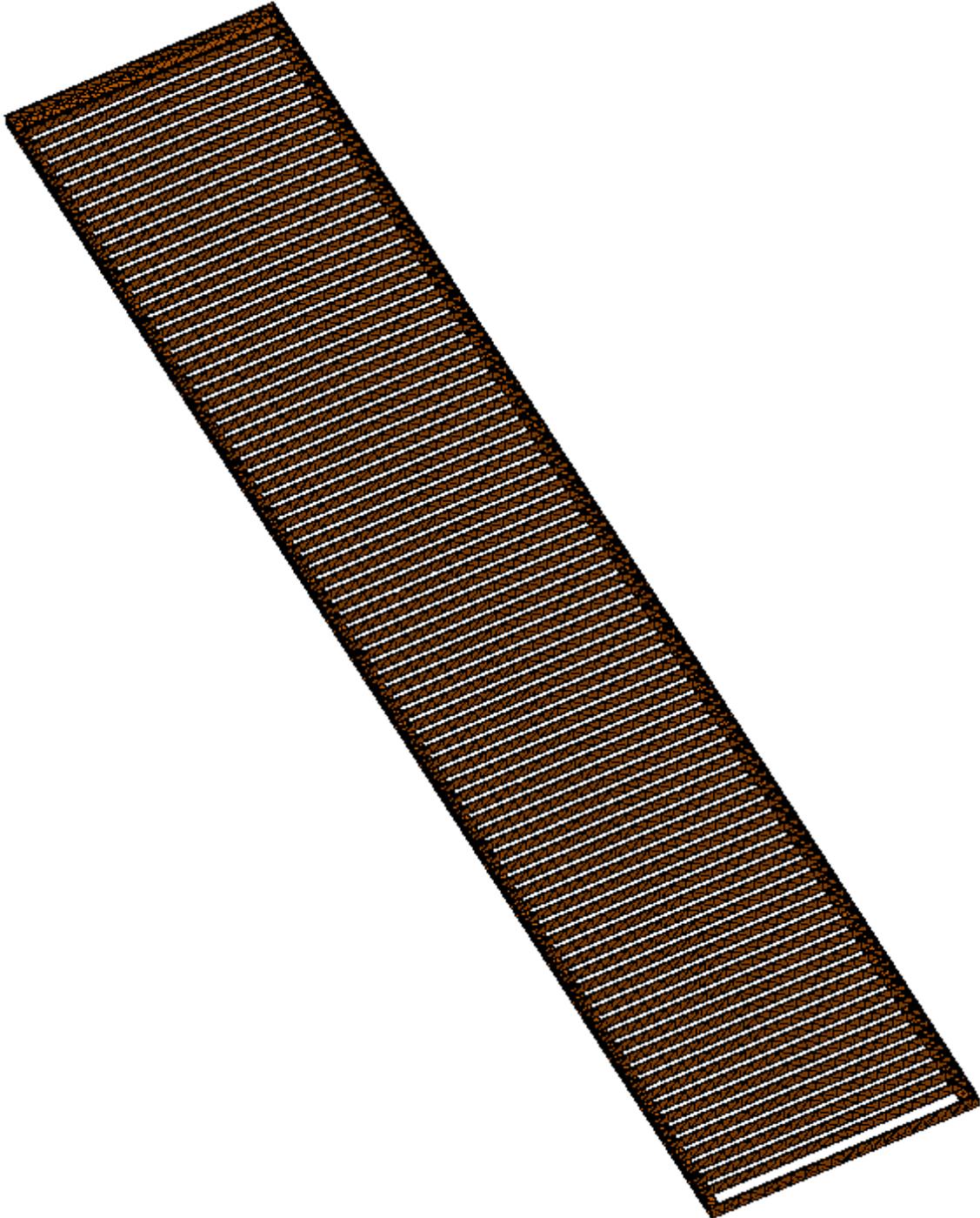


Figura 3.7 Mallado del modelo de la rejilla

Resultados

Una vez mallado el modelo se procede a realizar el análisis de esfuerzos de la rejilla en el programa SolidWorks Simulation, obteniéndose los siguientes resultados:

Esfuerzo de Von Mises

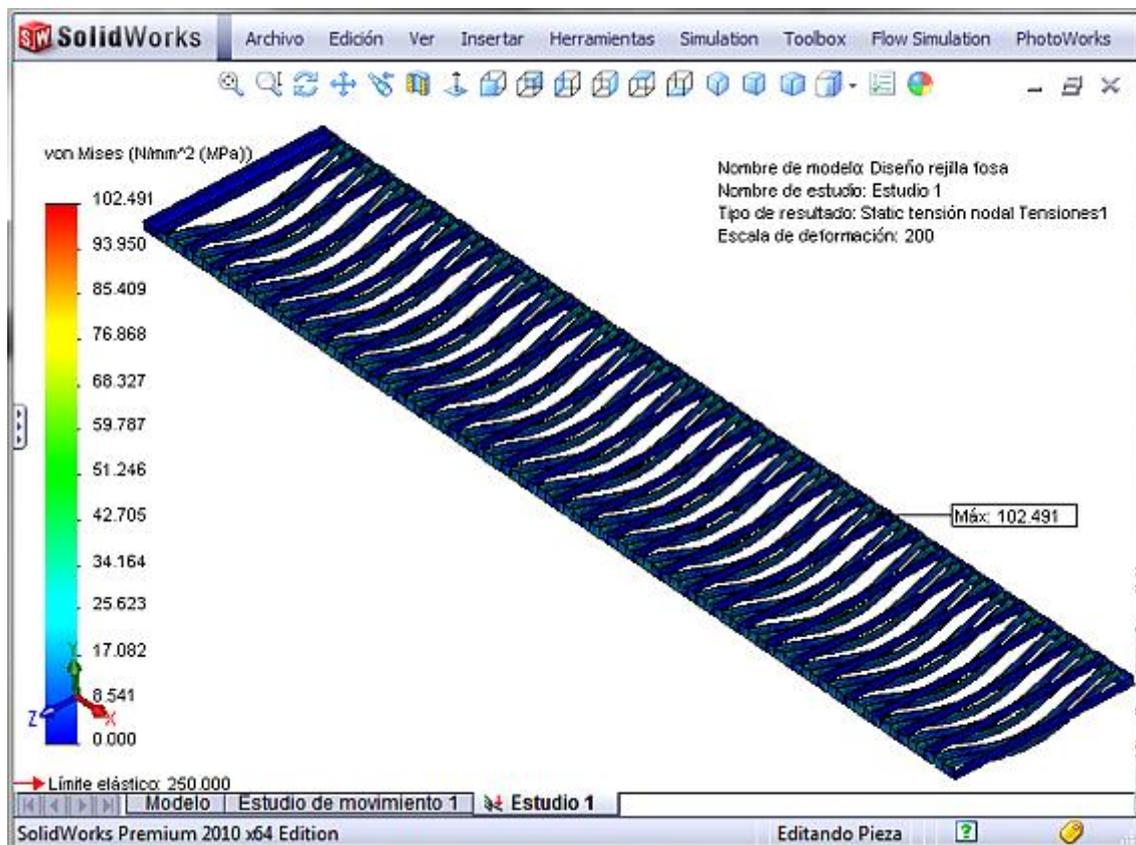


Figura 3.8 Tensión de Von Mises en la rejilla

En la figura 3.8 se observa que la máxima tensión de Von Mises es de 102.491 MPa y se produce en la junta de soldadura entre la varilla y el perfil angular, sin embargo esta tensión es menor que el límite elástico del acero estructural ASTM A36, por lo tanto la rejilla puede resistir sin fallar la tensión máxima.

Desplazamientos resultantes

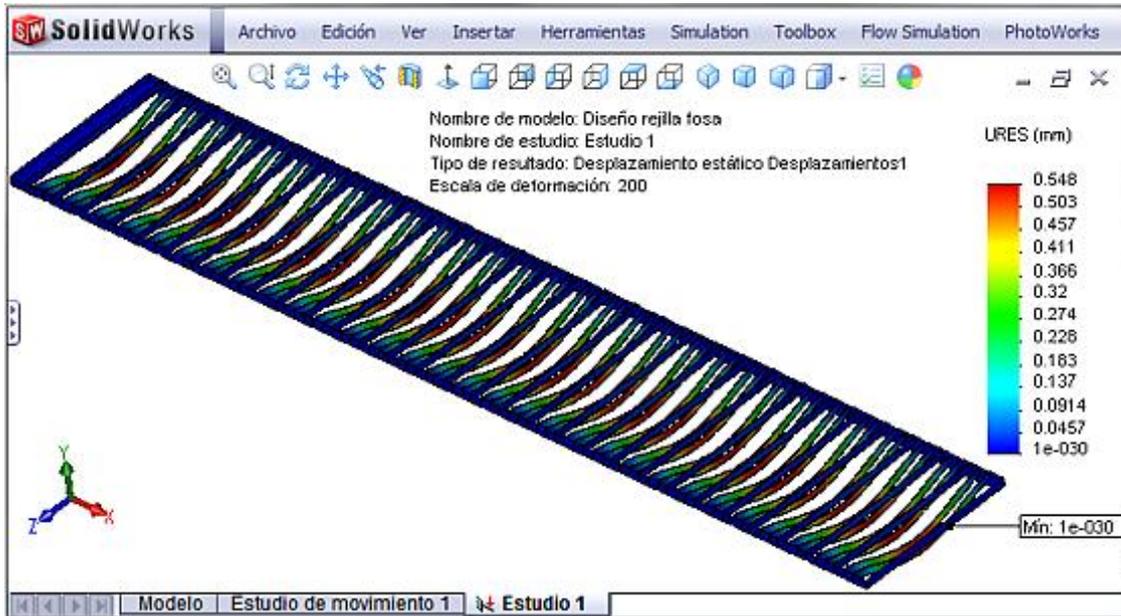


Figura 3.9 Desplazamientos resultantes en la rejilla

Al analizar la figura 3.9 se observa que el desplazamiento máximo ocurre en el centro de la varillas sobre las que descansa el vehículo y su valor es de 0.548 mm, por lo que se considera que no afecta el funcionamiento de las rejillas.

Factor de seguridad

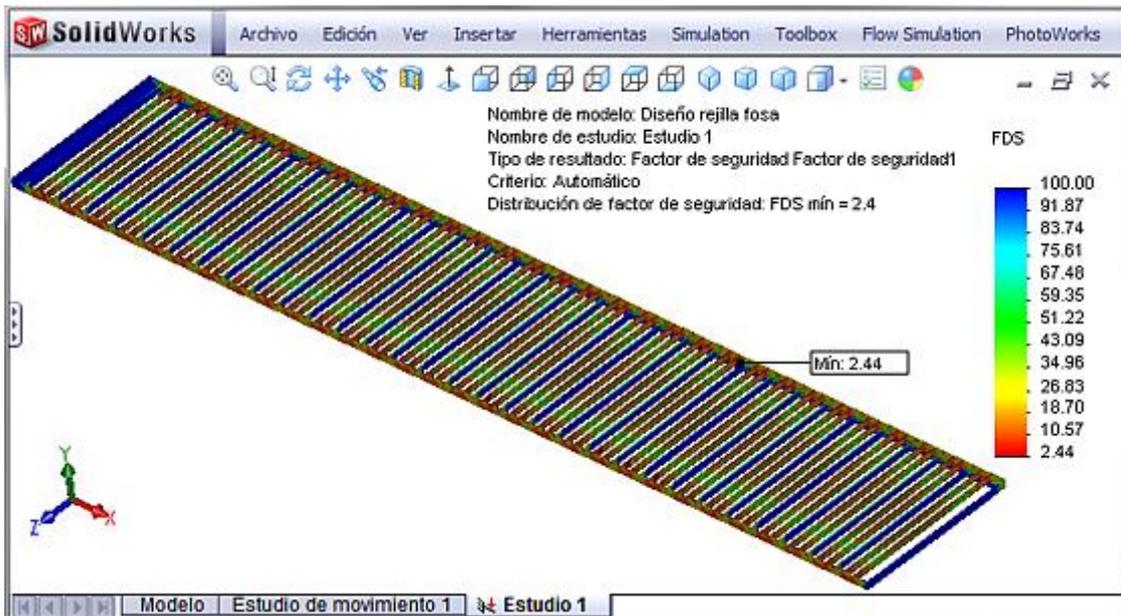


Figura 3.10 Distribución del factor de seguridad en la rejilla

Con respecto al factor de seguridad, en la figura 3.10 se muestra su distribución y se observa que las partes críticas se encuentran en las juntas de soldadura entre las varillas y el perfil angular y su valor mínimo es de 2.44, por lo que se concluye que el diseño de la rejilla es seguro.

CAPITULO IV

IV. DISEÑO ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO

4.1 PARÁMETROS DE DISEÑO

Para realizar el diseño del sistema de control partimos de la necesidad de controlar la temperatura de la cabina – horno, con el fin de obtener una temperatura uniforme en toda la cabina necesitaremos realizar el control en base al promedio de la lectura de los sensores. Además para el calentamiento del cuarto se emplean un juego de 10 resistencias eléctricas que proporcionan la potencia requerida de operación, estas niquelinas serán controladas 6 de ellas conectadas a 24v generados por los paneles solares y las 2 resistencias 220v generadas de electricidad, es decir que el momento en que la cabina alcance la temperatura de operación, el sistema de control se encargará de apagar o encender las niquelinas con el fin de mantener estable la temperatura del cuarto.

4.2 MÉTODO DE ALUMBRADO

El alumbrado general es un método de distribución uniforme de luz que se produce en todos los lugares del interior de la cabina.

La iluminación será semidirecta, es decir que la mayor parte del flujo luminoso se dirige directamente a la superficie que se trata de iluminar y solo una pequeña parte se hace llegar a dicha superficie previa reflexión en el techo y las paredes. En este tipo de iluminación las sombras no son tan intensas como en el caso de iluminación directa y además se reduce el riesgo de deslumbramiento del operador.

El nivel de iluminación de una cabina de pintura debe ser uniforme y nunca inferior a 700 lux a la altura del piso.

El nivel de iluminación necesario para conseguir una visión eficaz para cabinas de pulverización se encuentra en:

E mínima = 700 lux

E recomendado = 1000 lux

4.3 DISTRIBUCIÓN DE APARATOS DE ALUMBRADO

Se escogerá un nivel de iluminación mínimo para obtener un ahorro en luminarias. Las lámparas fluorescentes a utilizarse deben cumplir con características y necesidades de las cabinas de pintado entre las principales tenemos:

1. Económicas
2. Aprovechamiento de la luz de 30 a 94 m / W
3. 7500 horas de vida útil
4. Reproducción del CRI: 1 a 3
5. Se utilice en la industria



Fig.4.1. Distribución de lámparas

Se han colocado las luminarias para distribuir simétricamente la iluminación.

4.4 DISEÑO DEL SISTEMA DE ALUMBRADO

El fluorescente escogido es de 40 W de tubo recto, cuyo flujo nominal es de 3000 lúmen.

El flujo luminoso de estas lámparas fluorescentes a la temperatura de 250 °C es del 100%.

El grado de color de la luz del fluorescente escogido es el de la luz del día de numero 19 de buenas características de reproducción de colores.

Se deben considerar factores de reflexión de luz en el techo y las paredes, a continuación se enuncian valores de reflexión en la tabla. En esta tabla se expresan:

Pt = Factor de reflexión del techo

Pp = Factor de reflexión de las paredes

Tabla4.1. Factor de reflexión.

REFLEXION EN:	FACTOR
Techo de color blanco	0.7
Techo de color muy claro	0.7
Techo de color claro	0.5
Techo de color medio	0.3
Paredes de color claro	0.5
Paredes de color medio	0.3
Paredes de color oscuro	0.1

Nuestras paredes y techo son de color claro tenemos como factor:

Pt=0.5

Pp=0.5

4.5 DETERMINACIÓN COMPUTARIZADA DE LA IRRADIANCIA SOLAR EN LOS DIFERENTES MESES DEL AÑO

Los valores eléctricos se obtienen en las condiciones estándares de medida que se corresponden con una irradiación de 1000 W/m², y una temperatura de la célula de 25°C.

Ahora bien, las condiciones de trabajo reales de los módulos una vez instalados pueden ser muy diferentes a las del laboratorio, por lo que conviene conocer las variaciones que pueden producirse, a fin de efectuar las pertinentes correcciones en los cálculos.

Por otra parte, mientras la corriente generada por un módulo fotovoltaico es proporcional a la intensidad de la radiación solar, la tensión varía con la temperatura de las células en los diferentes meses del año. En las figuras 4.2 y 4.3 siguientes se representan ambos efectos.

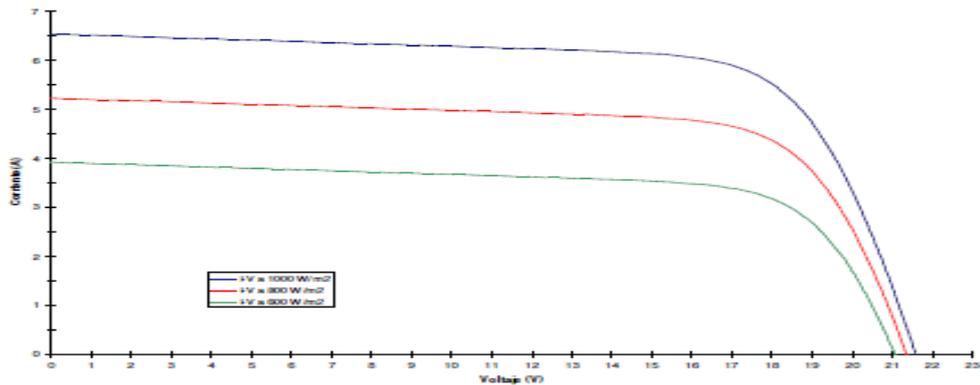


Figura. 4.2. Variación de la curva I-V en función de la irradiación solar incidente a temperatura de células constante.

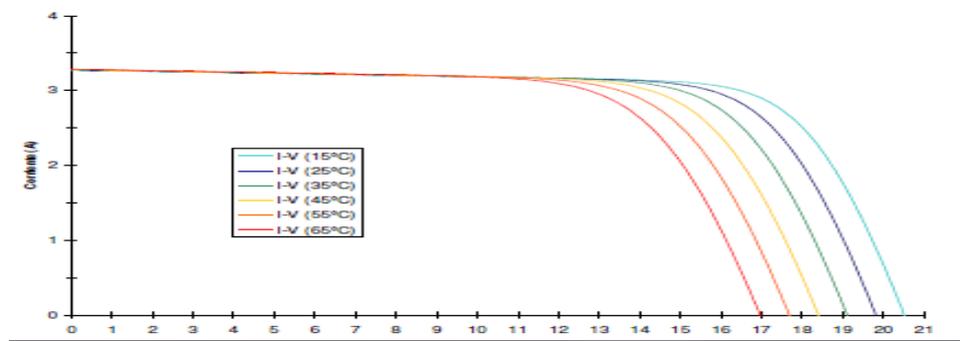


Figura.4.3. Variación de la curva I-V en función de la temperatura de células a radiación incidente constante

La variación con la temperatura de las magnitudes eléctricas de los módulos, es la siguiente:

-El voltaje disminuye a razón de 2,22 mV/°C por cada célula en serie que contenga el módulo y cada grado que supere los 25° C.

-La corriente aumenta a razón de 17A/cm².°C de área de células en paralelo y cada grado que supere los 25° C.

Hay que tener en cuenta que la temperatura de la célula a que nos hemos estado refiriendo no coincide con la temperatura ambiente debido a que la célula, se calienta al incidir la luz del sol.

El incremento de temperatura de la célula respecto a la temperatura del aire depende de las características de la misma y de las de construcción del propio módulo.

En función de la radiación incidente, la temperatura y la carga que esté alimentando, un módulo fotovoltaico podrá trabajar a distintos valores de corriente y tensión.

La irradiancia del sol hace que la temperatura del aire aumente o disminuya en cada mes del año. Estudios del Instituto Meteorológico muestran: Anexo11.

4.6-DISEÑO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR

La captación de la energía solar es por medio de los paneles solares que están conectados: 2 de 50w de 12V en serie para generar 100w de 24V, 2 paneles de 100w de 24V en paralelo para generar 200w de 24V, y dos de 165w de 12V en serie para generar 330w en 24V. En la figura 4.3 se esquematiza la captación de los rayos solares por medio del panel solar para este estar conectado a un regulador de voltaje este ayudara en las descargas para no quemar los paneles solares y luego ser acumulados en las baterías.

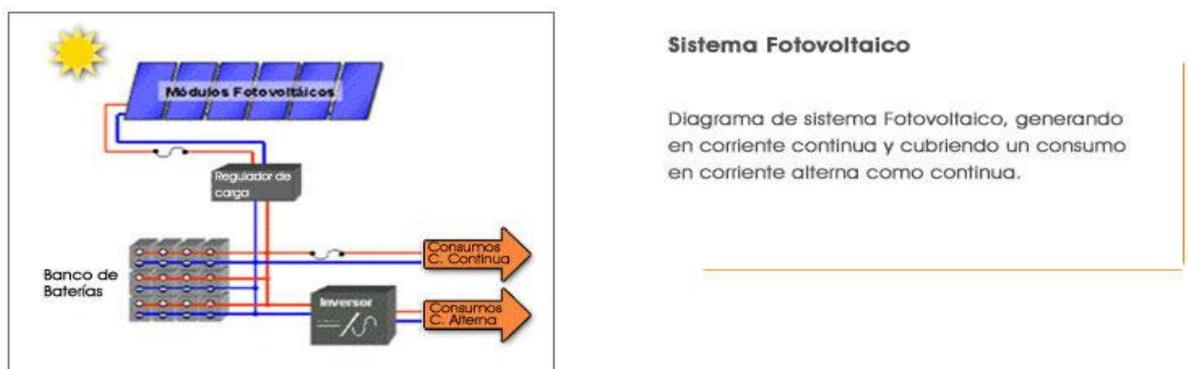


Figura. 4.4. Diagrama de Captación de energía solar.

4.7-DIMENSIONAMIENTO DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

El área que cubrimos con los paneles solares en nuestro horno es de:4x1,20m .

$$A=4,80m$$



Figura.4.5.Área de paneles en el horno.

Nuestra área está construida con los paneles de las siguientes características:

CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS: ISOFOTON

ISOFOTON,S.A. empresa española pionera y líder en el sector fotovoltaico es fabricante de células y módulos desde su fundación en 1981. Debido a una larga experiencia, utilización de materiales de primera calidad y exhaustivos controles de calidad, los módulos fotovoltaicos fabricados por ISOFOTON,S.A. presentan una vida útil por encima de los 20 años con un funcionamiento óptimo desde el primer al último día.



Figura. 4.6. Panel Solar Isofoton

Tipo de célula: Silicio mono cristalino, texturada, con capa anti reflexiva, tamaño 156 x 156 mm.

Contactos: Redundantes, múltiples, en cada célula 60 células en serie

Estructura:

- 1) Vidrio templado y micro estructurado de alta transmittividad
- 2) Células laminadas en EVA (etilen-vinil acetato)
- 3) Capa posterior de Tedlar / Poliéster de varias capas

Marco: Aluminio anodizado

Cajas de conexión: 1 caja IP 65 con diodos de bypass

VALORES CARACTERÍSTICOS PARA LA INTEGRACIÓN DEL SISTEMA

Tensión max: Permisible en sistema: 1.000 V

Sobrecarga en corriente inversa: 2 h de sobrecarga al 135% del valor máximo de protección

Máxima carga física admisible: 5.400 Pa

Condiciones de operación: - 40 °C a 85 °C

Resistencia impacto: Granizo de 25 mm, desde 1 m de distancia a 23 m/s

CAPITULO V

V. CONSTRUCCION Y ESTUDIO ECONOMICO

5.1-CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE IMPULSIÓN Y EXTRACCIÓN DEL AIRE.

En la descripción general del flujo de fluidos notamos que hay una resistencia, originada por la fricción, al flujo de aire que pasa por los ductos. Para vencer esa resistencia, se debe suministrar energía al aire, en forma de presión. Esto se logra mediante el impulsor rotatorio del ventilador, que ejerce fuerza sobre el aire y origina tanto flujo del aire como aumento de presión. Al flujo volumétrico del aire que sale, y la presión que crea el ventilador se les llama características de funcionamiento.



Figura. 5.1. Ventiladores centrífugos de nuestro horno

Los ventiladores se pueden dividir en dos grandes grupos: los ventiladores centrífugos y los ventiladores de flujo axial, que difieren entre sí en la dirección del flujo de aire que pasa por ellos. En un ventilador centrífugo, se impulsa el aire a lo largo del eje del ventilador, y a continuación es desviado rápidamente en forma radial de dicho eje. El aire se reúne en una carcasa o caracol, y se concentra en una dirección, en un ventilador de flujo axial se impulsa el aire a lo largo del eje del ventilador, y después sale en la misma dirección.

La figura 5.2-Muestra una vista explotada de un ventilador centrífugo. Son de aspas inclinadas hacia delante que es el más común y de aspas curvas hacia atrás. La ventaja del de aspas curvas hacia atrás es que no crea sobrecarga de presión. Su desventaja es que es más ruidoso.

La figura 5.3- muestra una vista explotada de un ventilador axial. Hay 2 tipos de ventiladores axiales: el de aletas y el de propulsor. Los ventiladores de aspas son muy eficientes, pero son ruidosos.

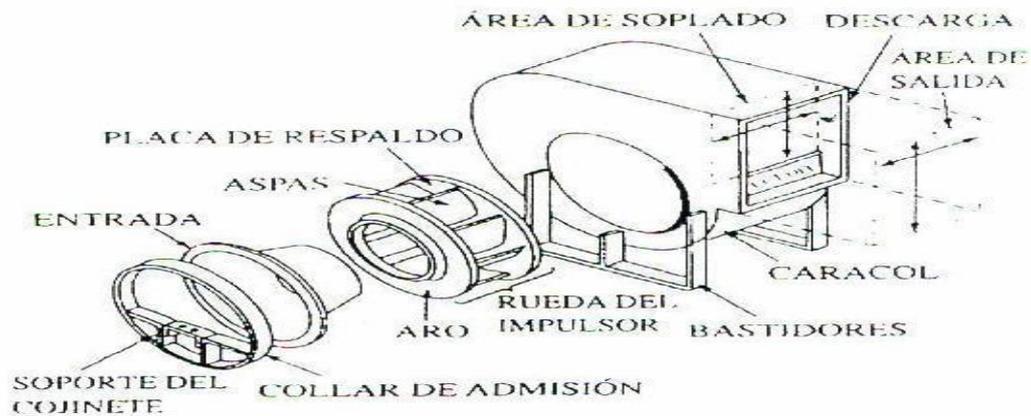


Figura.5.2. Vista expandida de un ventilador centrífugo

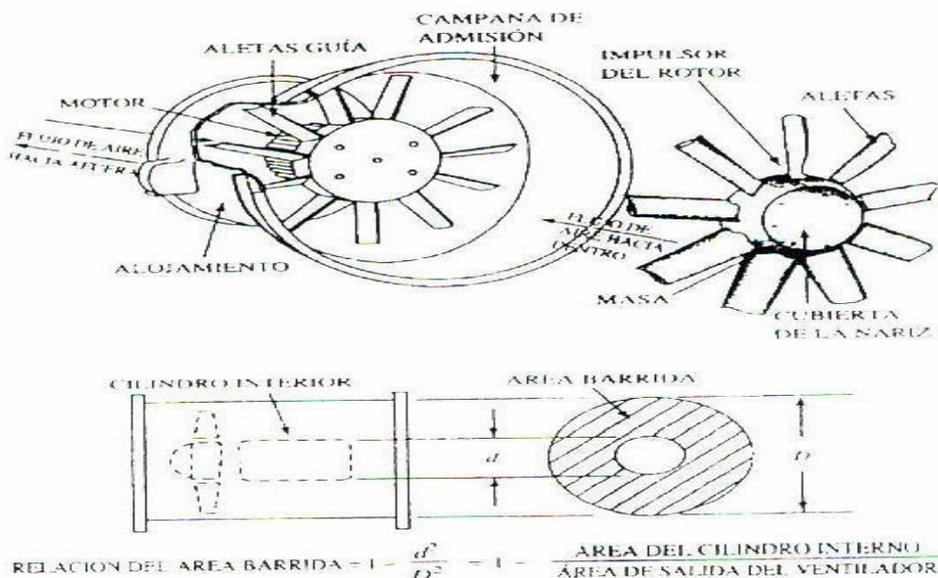


Figura.5.3. Sección transversal de un ventilador tipo axial mostrando sus partes componentes

Para seleccionar un ventilador, se calcula primero la resistencia del sistema de ductos, en forma de presión estática (Hs del ventilador).

Para el sistema de inyección de aire tendremos que seleccionar un ventilador de las siguientes características:

Caudal = 5890 CFM Caída de presión = 0,252 in H₂O

Selección del Ventilador.

Para obtener la caída de presión real (P_{est}) debemos acudir a la ecuación.

$$P_{st} = \Sigma P_s - P_v$$

Donde:

P_{st} = Caída de presión estática al nivel del mar

ΣP_s = Sumatoria de caídas de presión en accesorios y ductos

P_v = Recuperación estática a la reducción de velocidad equilibra la pérdida de fricción en la sección precedente, para aplicaciones prácticas se considera que el 50% de la presión de velocidad disponible se convertirá en presión estática.

Este ventilador trabajará inyectando en todo momento aire fresco y pre acondicionado a la cabina. Para este caso $\Sigma P_s = 0.135$ in H₂O en el circuito de inyección.

Por otro lado se tiene:

$$P_v = 0.5 \left(\frac{V_1}{4005} \right)^2 - \left(\frac{V_2}{4005} \right)^2 \quad (7.24)$$

Donde: V₁ = Velocidad de salida del ventilador = 1500 fpm

V₂ = Velocidad de entrada del ventilador = 1500 fpm

Reemplazando tenemos:

$$P_v = 0.5 \left(\frac{1500}{4005} \right)^2 - \left(\frac{1500}{4005} \right)^2$$

$$P_v = 0.07 \text{ in.H}_2\text{O}$$

Para la presión estática al nivel del mar tenemos:

$$P_{st} = 0.135 - 0.07 = 0.065 \text{ in.H}_2\text{O}$$

La presión estática a 2800 m es:

$$P_{es} = P_{st} / \text{relación de densidad del aire}$$

Reemplazando tenemos:

$$P_{es} = 0.065 / 0.7 = 0.09 \text{ in.H}_2\text{O}$$

Con este valor vamos al anexo8 para obtener el ventilador centrífugo de las siguientes características:

$$SP = 0.125''$$

Diámetro del volante = 10"

5890 cfm a 1800 rpm del ventilador

Motor de accionamiento de 1 HP a 1800 rpm

Este ventilador extraerá en todo momento el aire saturado de pintura (overspray) del interior de la cabina hasta el exterior del taller a través de ductos, evitando así la acumulación peligrosa de la neblina de pintura y solvente, que pudiera ocasionar una explosión.

5.2- CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE CALENTAMIENTO DEL HORNO

El calentamiento del horno se basa en resistencias diseñadas: 2 resistencias a 220V, de 2.500W cada una. 6 resistencias de 24V de 1.500W cada una.

Los calefactores tubulares *WATROD* y los calefactores planos *FIREBAR* están diseñados en primer lugar para la inmersión directa en líquidos como agua, aceites, disolventes y soluciones utilizadas en procesos industriales, así como en materiales fundidos y para el calentamiento de aire y gases. Debido a que el calor se genera completamente en el líquido o dentro del proceso, se logra una eficiencia de la energía de casi un 100 %. Estos elementos calefactores versátiles se adaptan a diversas formas geométricas para su uso como elementos radiantes o calefactores por conducción.

Los calefactores tubulares de uno o dos extremos se pueden utilizar en casi toda la gama de aplicaciones de calefacción de aire e inmersión. Existe una variedad de opciones de terminación y montaje que los hacen ideales para aplicaciones industriales. Los calefactores tubulares Watlow[®] cuentan con homologación UL[®] y CSA hasta 240V CA.

Consulte a su representante de Watlow sobre las densidades de potencia recomendadas para aplicaciones específicas. Los valores en esta tabla 5.1 son los máximos. Es posible que no sean los valores adecuados para todas las aplicaciones.

Tabla.5.1.Características de las resistencias.

Producto		Materiales de la vaina	Temperaturas máximas de funcionamiento		Densidad de potencia máxima	
			°F	°C	W/in ²	W/cm ²
	WATROD™	Incoloy®	1600	870	45	6.9
		Acero inoxidable	1200	650	60	9.3
		Acero	750	400	45	6.9
		Cobre	350	175	60	9.3
		Inconel® 600	1800	982	45	6.9
	Tubular de alta temperatura	Inconel® 600	1800	982	45	6.9
	MULTICOIL™	Incoloy®	1400	760	45	6.9
		Acero inoxidable 304	1200	650	45	6.9
		Acero inoxidable 316	1200	650	45	6.9
	FIREBAR®	Incoloy®	1400	760	60	9.3
		Acero inoxidable 304	1200	650	60	9.3

	FINBAR™	Acero inoxidable 304	1200	650	50	7.7
---	---------	----------------------	------	-----	----	-----

Para las resistencias de 24V utilizamos los del fabricante MAXIWATT.

Son los más indicados para calentar moderadamente hasta una temperatura máxima de 300G°. Construido con el mejor tubo de acero inoxidable, de la calidad que se desee.

El hilo calefactor es de la mejor calidad del mercado, con una fina capa exterior de MgO y recubierto por una funda de Acero Inoxidable; todo ello pasa por un proceso de compactación con el que se consigue una mayor duración.

Toda la resistencia está herméticamente sellada para evitar la entrada de materiales, humedad, líquidos, etc.

Las resistencias se pueden fabricar con un proceso especial, para el moldeado de la resistencia por el cliente.

Datos técnicos

Intensidad Calorífica	No superar los 10Wcm ² (aconsejable)
Potencia	Depende de dimensiones
Temperatura de trabajo	350°G máx.
Tolerancia de longitud	+/-1.5%
Tolerancia de diámetro	+/- 0.1
Tolerancia corte de conex.	+/-15 mlm
Tolerancia de potencia(w)	+ 5 % - 10 %
Zonas frías	mínimo 15 mlm.



1. Base soldada por Tig estanca hasta una presión 60 kg/cm².
2. Acero inox.304 calibrado.
3. Oxido de magnesio puro de granulometria controlada.
4. Hilo calefactor Nickel-Cromo 80/20 punto de fusión 1400 c.º
5. Cable conductor.

El exclusivo sistema constructivo permite lograr con su sistema electrónico de separación de espiras, garantiza la misma temperatura por todo el perímetro y longitud de la resistencia obteniendo una temperatura uniforme y duradera.

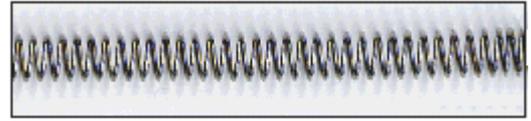


Figura.5.4. Especificaciones de resistencias

Que dando el banco de 10 resistencias para el calentamiento del horno.



Figura.5.5. Resistencias en nuestro horno

5.3- CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

Nuestro sistema fotovoltaico es un dispositivo que, a partir de la radiación solar, produce energía eléctrica en condiciones de ser aprovechada por el hombre. El sistema consta de los siguientes elementos:

- Un generador solar, compuesto por un conjunto de paneles fotovoltaicos, que captan la radiación luminosa procedente del sol y la transforman en corriente continua a baja tensión (24V).
- Un acumulador, que almacena la energía producida por el generador y permite disponer de corriente eléctrica fuera de las horas de luz o días nublados.
- Un regulador de carga, cuya misión es evitar sobrecargas o descargas excesivas al acumulador, que le produciría daños irreversibles; y asegurar que el sistema trabaje siempre en el punto de máxima eficiencia, es decir Cumple la función de administrar el flujo de electricidad desde los paneles hacia los acumuladores (baterías), cargándolos en forma segura y protegiéndolos tanto de sobrecargas como de descargas peligrosas que perjudiquen al desempeño de

éstos.

Un panel fotovoltaico está construido por un conjunto de células solares conectadas eléctricamente entre sí en serie y paralelo hasta conseguir el voltaje adecuado para su utilización.

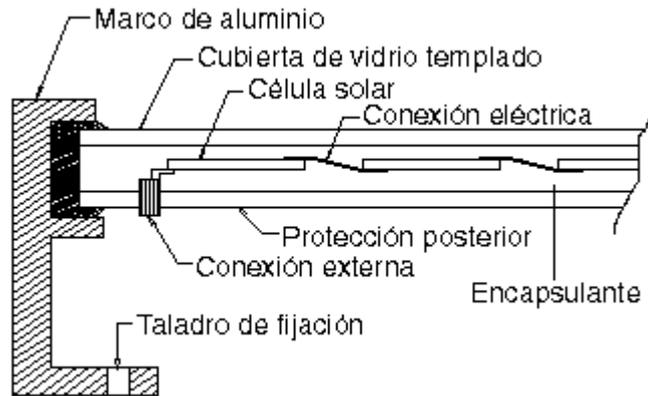


Figura.5.6.Construcción de un panel solar

5.4- ENSAMBLAJE DE LA CABINA Y TODOS LOS SISTEMAS

Luego de haber definido las dimensiones de la cabina-horno y seleccionado los materiales y equipos a utilizarse, la construcción sigue la secuencia que se señala a continuación.

1. Se debe tener en cuenta que los materiales, y medidas de los planos teniendo como columnas perfiles de acero en "C".
2. Se pica el piso de la cabina-horno que es de cemento, según las medidas para el escape del aire y gases.
3. Se corta perfiles en "C" para completar de armar la estructura soporte de la cabina. Se realiza la soldadura de los perfiles cortados con los perfiles existentes, para formar la estructura que soportará el plenum de la cabina-horno.
4. Se corta las planchas de acero galvanizado, según las medidas correspondientes, para a continuación ser dobladas y soldadas para dar lugar al plenum.

5. Para la construcción de los ductos deberemos basarnos en la “ASHRAE HANDBOOK – EquipmentVolume” en donde se podrá encontrar el proceso de construcción detallado al máximo.
6. Cortar según las medidas adecuadas la “espuma flex”(BISON) que será colocada como material aislante. Para su adhesión a las paredes se utiliza un material pegante como el cemento de contacto.
7. Para sujetar la “espuma flex” y protegerla del ambiente de trabajo se deberá recubrirla con planchas de “bison” ya que además de ayudar a la sujeción del material aislante, colabora con la labor de transferencia de calor.
8. Se deberá tener cuidado de no provocar pérdidas de calor en las uniones entre las planchas de bison, estas deberán quedar unidas de forma hermética, usado sicaflex en todas las uniones.
9. Con bisagras de 1”x2” soldadas en las vigas de la estructura principal de la cabina se sostiene a la puerta.
10. El montaje de las resistencias eléctricas es muy sencillo, su ubicación es secuencial a los ventiladores y son sujetadas por medio de pernos y remaches al mismo ducto.
11. De igual manera el ventilador que nos proporciona la señal necesaria de la velocidad del viento en el ducto se instaló con pernos sujetos al ducto de ventilación.
12. Para la colocación de los filtros de aire a la salida del plenum, se colocó malla electro soldada con varilla de ¼”, la cual estará sujeta por rieles, de tal manera que permita su fácil desmontaje con el fin de poder ser reemplazados periódicamente.
13. Se instalaron dos filas de lámparas fluorescentes, el cable para la alimentación eléctrica se llevó por medio de tubería “conduit” para su protección térmica y mecánica.

14. Se instalaron luego los sensores de temperatura. Se perforó con taladro manual y broca de 12 mm las paredes del horno en los lugares previstos para la ubicación de los mismos.



Figura.5.7. proyecto finalizado

5.4.1-DIAGRAMA DE MONTAJE

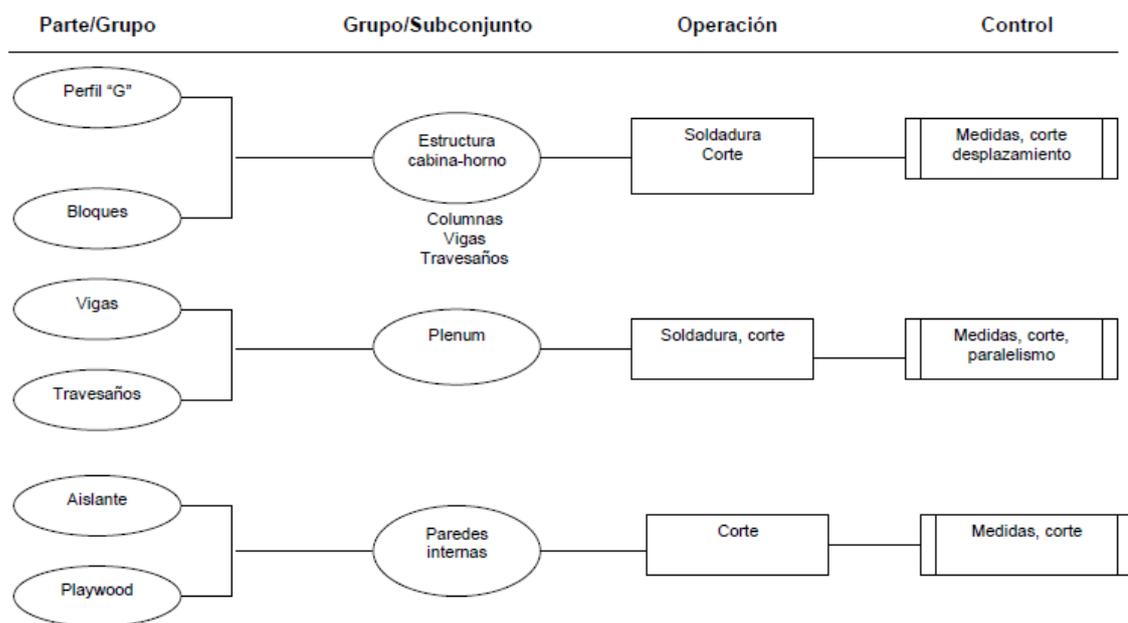


Diagrama de montaje (continuación)

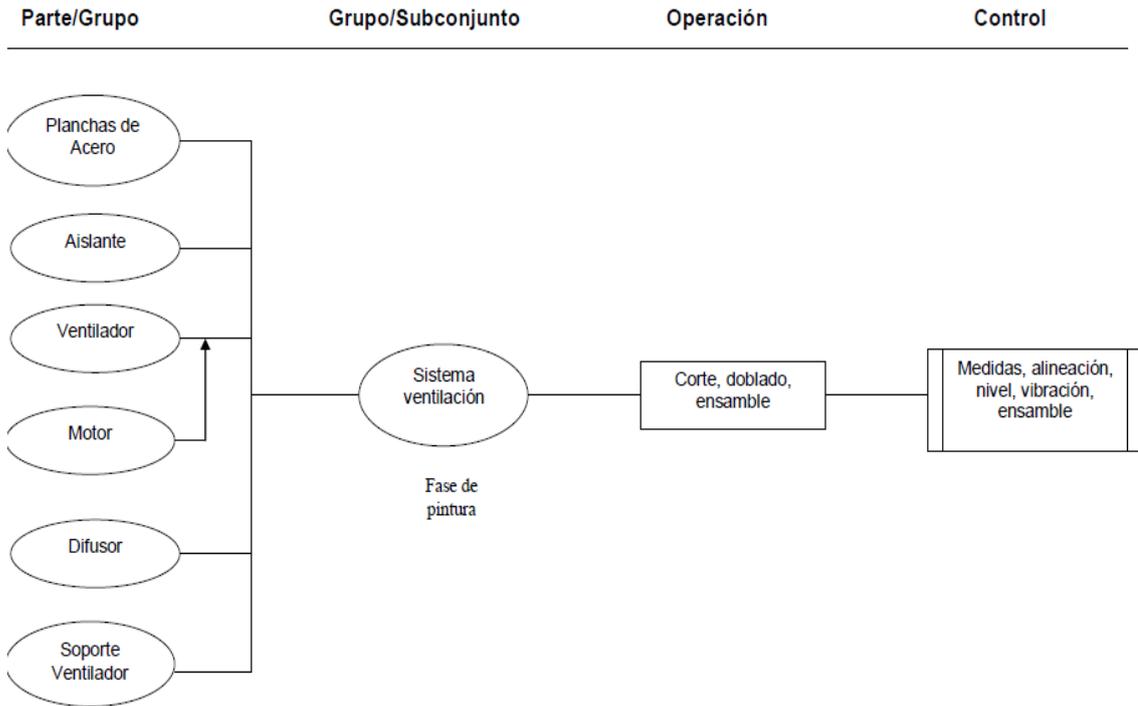


Diagrama de montaje (continuación)

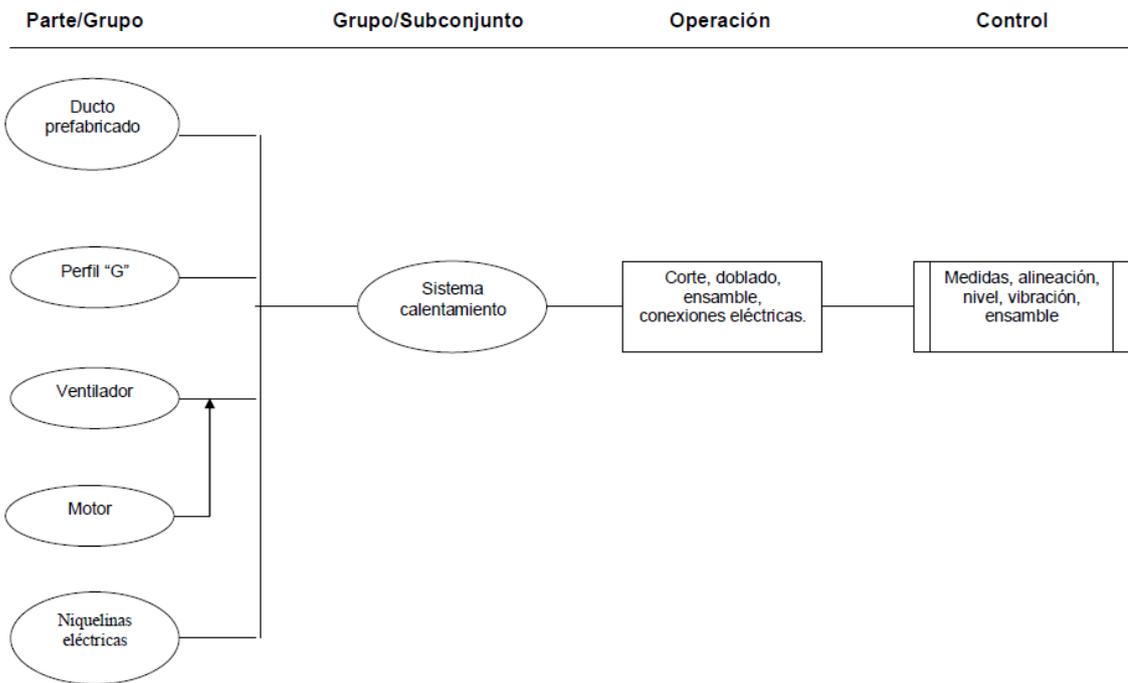


Diagrama de montaje (continuación)

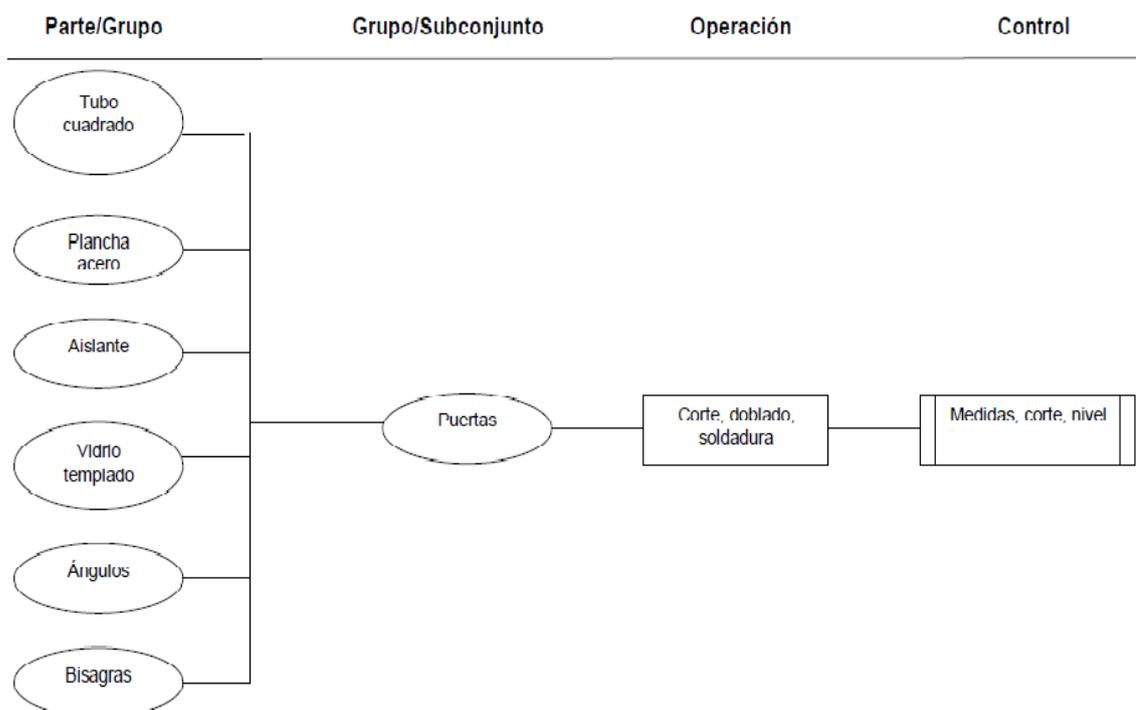


Tabla de procesos

Tabla 5.1. Procesos de construcción

GRUPO SUBCONJUNTO	OPERACIÓN	MAQUINARIA HERRAMIENTA	MEDICIÓN CONTROL	TIEMPO (h)
Estructura	Corte de perfiles "G"	Sierra	Flexómetro Escuadra	4
	Empotrado de 6 perfiles "G"	Bailejo, pico, pala, carretilla	Nivel	8
	Soldadura de columnas con travesaños "G"	Soldadora amoladora	Escuadra Nivel	8
Plenum	Corte de ángulo, para formar estructura.	Sierra manual	Flexómetro	3
	Corte de planchas de acero	Cizalla, tijeras	Flexómetro	3
	Doblado de planchas de acero	Dobladora de acero	Flexómetro Escuadra	2
Paredes internas	Corte de material aislante (Espuma Flex)	Estilete	Flexómetro	2
	Corte de "Playwood" para sujeción de material	Serrucho	Flexómetro	4

Tabla 5.2. Procesos de construcción

	aislante.			
	Sujeción de "playwood" con tornillos	Taladro, destornillador	N/A	2
Sistema de ventilación	Ensamble ventilador	Llave inglesa	Escuadra	0,5
	Ensamble ducto para entrada de aire	Llave inglesa	Escuadra	1
Sistema de extracción	Ensamble extractor	Llave inglesa	Escuadra	0,5
	Ensamble ducto para salida de aire	Llave inglesa	Escuadra	1
Sistema de calentamiento	Empotrado de marco para ventilador	Bailejo	Escuadra	3
	Ensamble de ventilador	Llave inglesa		0,5
	Ensamble de niquelinas	Llave inglesa		0,5
	Colocación de cables hasta caja de control	Destornillador	Continuidad	4
	Colocación de ducto prefabricado para recirculación de aire		Nivel	5
Puertas	Corte de tubo cuadrado	Sierra	Flexómetro	2,5
	Soldadura de tubo cuadrado para estructura de puerta	Soldadora	Escuadra	3

5.5-ANÁLISIS ECONÓMICO

Para el siguiente análisis financiero se ha tomado en cuenta los diferentes factores políticos, económicos y de mercado existentes en el país, dando así un enfoque tanto nacional como internacional.

Para definir los factores externos se ha tomado en cuenta que el proyecto tiene en su componente de fabricación partes importadas, partes de producción nacional y de adaptación propia de los fabricantes.

A continuación se presentan los rubros que formaron parte de la implementación del sistema en las instalaciones del taller. Estos costos se encuentran subdivididos en costos de materiales, mano de obra.

Materiales y equipos utilizados

Tabla 5.3. Costos de Materiales

Descripción	Cantidad	Valor Unitario USD	Valor Total USD
Varilla 8 mm	3,00	3,75	10,05
Disco Bellota	4,00	1,95	7,80
Laca	2,00	4,00	8,00
Cemento	10,00	5,40	50,40
Pintura	1,00	240,00	240,00
Broca 1/4	10,00	0,67	6,70
Material Eléctrico	1,00	250,00	250,00
Espuma Bison	40,00	10	400,00
Platina 4 x 1/4 m	2,00	5,50	11,00
Pistola	1,00	17,00	17,00
Lámparas	10,00	11	110,00
Remaches 5/32x1/2	100,00	0,01	1,00
Disco Piedra	3,00	2,00	6,00
Electrodos 60-11	2,00	5,00	10,00
Angulo 40x4	2,00	1,25	2,50
Canal "U" 60x30x4	28,00	28,19	789,32
Tubo Rectangular 50x30x3	10,00	24,10	240,10
Angulo 1 1/2x3/16	4,00	13,50	54,00
Angulo 2 1/2x1/4	6,00	34,00	204,00
Correa G100x50x15 3mm	10,00	28,00	280,00
Ventilador	2,00	255,00	510,00
Motor	1,00	271,60	271,60
Baterías	4,00	400,00	800,00
Paneles solares	6	250	1500,00
Tol galvanizado	42,00	15,00	630,00
TOTAL			6759,22

Costo de mano de obra

Tabla 5.4. Costo de mano de obra.

Descripción	Total USD
Construcción de piso	350,00
Obra civil	112,00
Construcción estructural: Montaje estructural, construcción de ductos, montaje ductos, pintura de paredes, piso, puerta y accesorios, arreglo puerta, techo	1443,50
instalaciones eléctricas	197,00
Total =	2102,50

Costo total del proyecto

Tabla5.5 Costo total del proyecto

Costo Total.	USD
Descripción	
Materiales	6759,22
Mano de obra y otros	2102,50
Total =	8861,72

COSTO DE DISEÑO Y COORDINACIÓN. Para el proyecto se ha tomado como base la tasa activa del sistema financiero e información de ingenieros activos que ejercen en el campo del diseño y ejecución de este tipo de proyectos dando así que el valor justo para estudiantes de tesis sería un 30% del total de la inversión ya que se trata de dos egresados de ingeniería y que el costo aproximado de un trabajo de este tipo rebasaría los USD 20.000 dólares americanos en su totalidad.

Período de recuperación del capital

Para poder determinar el tiempo en el que vamos a recuperar el capital invertido, hacemos las siguientes consideraciones:

- Al hacer el análisis de mercado en la ciudad de Otavalo, encontramos que existen otros 2 talleres que cuentan con equipos similares, y que el promedio de cada trabajo de repintado es de 500 USD, y este es el valor que tomaremos en cuenta en los cálculos financieros del proyecto.
- La cabina tiene una capacidad de hasta 10 vehículos mensuales, pero se ha considerado que tendrá una acogida de sólo el 50%, durante los 3 primeros años de operación, hasta tener una acogida mayor por parte del mercado.
- Los egresos aumentarán en un 5% cada año.
- La tasa de inflación será del 6%

Procedemos a calcular el flujo de caja con la ecuación

$$FNCK = Unk + Ak$$

Donde:

FNC_k = Flujo neto de caja en el año k

Un_k = Utilidad neta del año k

A_k = Depreciación constante del año k

El flujo neto para el último año se calculará con la ecuación.

$$FNC_8 = Un_8 + (1 - t') (V_r)$$

Donde:

t' = Tasa de impuesto a los trabajadores por utilidades

V_r = Valor residual del proyecto

$$A_k = A'_k / (1 + d)^k$$

Donde:

A'_k = Depreciación corriente del año k

d = Tasa de inflación

$$Un_k = (R_k - C_k - A_k) (1 - t)$$

Donde:

R_k = Ingresos o ahorros del proyecto correspondientes al año k

C_k = Costos totales o egresos del año k

t = Tasa de impuesto al fisco de las utilidades

$$A'_k = I_0 / n'$$

Donde:

I_0 = Inversión inicial

n' = Años de vida fiscal

n = Años de vida útil del proyecto

Reemplazando los siguientes datos en las ecuaciones:

$$d = 6\%$$

$$t = 20\%$$

$t' = 15\%$

$n = 8$ años

$n' = 5$ años

En resumen el flujo de caja se encuentra en la tabla 5.6.

Tabla 5.6. Flujo de caja

AÑO	Rk	Ck	Ak'	Ak	UNk.	FNCK
0						-19118,00
1	31920,00	19211,00	3823,60	3607,17	7281,46	10888,63
2	29400,00	20171,55	3440,00	3061,59	4933,49	7995,08
3	58800,00	42360,26	3440,00	2888,29	10841,16	13729,45
4	58800,00	44478,27	3440,00	2724,80	9277,54	12002,35
5	58800,00	46702,18	3440,00	2570,57	7621,80	10192,37
6	58800,00	49037,29		0,00	7810,17	7810,17
7	58800,00	51489,15		0,00	5848,68	5848,68
8	58800,00	54063,61		0,00	3789,11	7189,11

Para calcular el valor actual neto (VAN) usamos la ecuación:

$$VAN = (FNCK / (1 + r)^k)$$

$r =$ Tasa de actualización

En resumen del cálculo del VAN se encuentra en la tabla 5.7.

para $r = 30\%$ el resultado del VAN = 10616.798 positivo indica que el proyecto es viable y se acepta.

Tabla 5.7. Resultado del VAN

AÑO	FNCK	VAN30%	VAN55%
0	-19118,00	-19118,00	-19118,00
1	10888,63	8375,87	7024,93
2	7995,08	4730,82	3327,82
3	13729,45	6249,18	3686,87
4	12002,35	4202,36	2079,41
5	10192,37	2745,10	1139,24
6	7810,17	1618,08	563,21
7	5848,68	932,08	272,10
8	7189,11	881,31	215,79
10616,7984		-808,63665	

La TIR (Tasa de retorno de la inversión) es cuando con un determinado valor de r el VAN = 0, y la calcularemos mediante la ecuación:

$$TIR = VAN30 + ((r55 - r30) (VAN30) / (VAN55 + VAN30))$$

Reemplazando tenemos:

$$TIR = 0.30 + ((0.55 - 0.30) (10616.79) / (-808.63 + 10616.79))$$

$$TIR = 0.53 = 53\%$$

El proyecto se acepta debido a que la TIR es mayor a la tasa de interés bancaria (12%).

Finalmente para calcular el periodo de recuperación del capital usamos la ecuación :

$$PRI = (\sum FNCK - I_0) / FNCK$$

Reemplazando tenemos:

La inversión se recuperará en 2 años 5 meses.

CAPITULO VI

VI.- PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

6.1-PRUEBA EN EL SISTEMA DE IMPULSION Y EXTRACCION DEL AIRE

Por medio de las pruebas se podrá verificar el correcto funcionamiento de la cabina-horno, tanto en la etapa de pintado como en la etapa de secado. Para completar el período de pruebas y evaluación de resultados se verificó el funcionamiento de cada sistema, componente o parte por separado, estando cada uno de estos ya instalados. Con el fin de controlar el flujo correcto de aire durante el proceso de repinte automotriz y a su vez en el proceso final de secado de la pintura, optamos por la utilización de un instrumento especial para medir flujos de aire este es un anemómetro de rueda alada. Figura. 6.1.



Figura. 6.1. Anemómetro.

El anemómetro es de fácil manejo para efectuar en cualquier momento una medición precisa de flujo de aire. Este anemómetro es ideal para los sistemas de calefacción y para efectuar mediciones en conductos de aire, canales y salidas de aire. La cabeza del anemómetro de rueda alada permite una lectura tanto de entrada como de salida de aire en conductos. El anemómetro de rueda alada destaca por su alta precisión.

Las pruebas de flujo de aire realizadas en la cabina de pintura automotriz, se las realizo con el anemómetro tipo de rueda alada modelo cs-810, Figura. 6.1, el cual nos muestra el valor de la velocidad del aire en metros por segundo, con ello y la

sección transversal podemos obtener el caudal de aire que se tiene en los diferentes puntos de la cabina.

6.2-PRUEBA EN EL SISTEMA DE CALENTAMIENTO Y CAPTACIÓN.

La medición de la temperatura interna de la cabina de pintura se la realiza mediante un pirómetro con sensor de temperatura termocupla.

Un pirómetro, es un dispositivo capaz de medir la temperatura de una sustancia sin necesidad de estar en contacto con ella. El término se suele aplicar a aquellos instrumentos capaces de medir temperaturas superiores a los 600 grados Celsius. El rango de temperatura de un pirómetro se encuentra entre -50 grados Celsius hasta +4000 grados Celsius. Gracias a su mecanismo óptico, estos pirómetros son una herramienta segura para medir temperaturas con precisión. Los pirómetros infrarrojos están especialmente indicados para aplicaciones en las que no se pueden utilizar los sensores convencionales. Este es el caso de objetos en movimiento o lugares de medición donde se requiere una medición sin contacto debido a posibles contaminaciones u otras influencias negativas.

El pirómetro con sensor de temperatura de tipo termocupla está ubicado en el panel de control de la cabina. La termocupla ubicada en el interior de la cabina en una de las paredes térmicas, mide la temperatura ambiente dentro de la cabina de pintura, dicho elemento envía la señal tomada en su extremo mediante un fino cable galvanizado a un pirómetro electrónico que se encuentra ubicado en el tablero de control el cual muestra digitalmente en una pantalla la temperatura interna de la cabina

En el pirómetro digital nos muestra en su pantalla, figura. 6.2. Dos mediciones una con rojo, la que pertenece a la temperatura del interior de la cabina, la cual está señalada como PV en el instrumento de medición, y la medida con verde nos muestra la máxima temperatura calibrada a la que debe estar el interior, la cual está señalada como SV en el pirómetro, el valor que se muestra como SV es modificable mediante los botones set y las flechas para subir o bajar, con los cuales se cambia la cantidad y así establecer la temperatura deseada para el interior de la cabina.



Figura.6.2. pantalla del pirómetro

6.3-PRUEBA EN EL SISTEMA DE ACUMULACIÓN DE ENERGÍA

En esta prueba verificamos que los paneles solares estén cargando correctamente a las baterías



Figura 6.3. Voltaje de las baterías

6.4-PRUEBA EN EL SISTEMA ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO

Estas pruebas tuvieron como objetivo verificar:

-Verificar si conecta y desconecta bien los sistemas de ventilación y calentamiento desde el sistema electrónico.

-Verificar si los cables colocados presenta problemas(calentamiento).

- Medición de la temperatura con la termocúpla dentro del horno.
- Verificar las conexiones del cableado.



Figura.6.4. sistema de control

6.5-PRUEBAS DE PINTADO

En la fase de pintura no se presentaron inconvenientes, ya que tanto el ventilador como el extractor de aire funcionaron sin inconvenientes y según los parámetros de diseño obtenidos se logró que las partículas de pintura no se adhieran al vehículo o a las piezas a procesar, y sean arrastradas hacia el plenum posterior de filtrado. Para la fase de secado las pruebas se realizaron con normalidad, una vez encendida la fase de secado, se encienden las niquelinas eléctricas y el ventilador de distribución al mismo tiempo, hasta que la temperatura del interior de la cabina sea igual a la temperatura seteada, para mantener la temperatura se instaló un relé de estado sólido por cada dos niquelinas, por lo cual cuando la temperatura empieza a sobrepasar la temperatura de seteo, el sistema de control desconecta un juego de resistencias según la necesidad, esto se puede verificar en la caja de control, donde se encuentran instalados los relés ya que cuentan con luces (leds) indicadores de encendido o apagado. Una vez concluido el tiempo de secado el ventilador de distribución permanece encendido por un lapso de tres minutos con el fin de enfriar las niquelinas que llegan a alcanzar temperaturas muy altas.

Y verificar que la velocidad del aire caliente sea el correcto.

Como muestra la lectura del anemómetro la velocidad en este punto es mucho menor ya que la cantidad de aire ingresado inicialmente está siendo ocupando por toda el área de la cabina y esta evacuando una cierta cantidad de aire al exterior la cual es la adecuada para no crear nubes de pintura en el interior de la cabina



Fig. 6.4. Velocidad de aire a la salida.

Dando como resultado una velocidad de: 0.9 m/s.

6.6-ANÁLISIS DE RESULTADOS

Tabla6.6.1 Análisis de resultados

PARTE O SISTEMA	ANÁLISIS DE RESULTADOS EN LAS PRUEBAS SIN CARGA
Cuerpo de la cabina-horno	El problema que se pudo apreciar en esta parte del proyecto fue una pequeña fuga de aire, lo cual fue solucionado colocando silicona (sika) en estos accesos. En cuanto a lo demás, no se presentaron problemas en esta parte del proyecto ya que el diseño estructural de la cabina fue realizado con un factor de seguridad adecuado.
Puertas	En esta parte del proyecto pudimos apreciar que estaban más altas que las paredes entonces existía fugas de aire entonces se colocó tiras de material aislante (caucho) con el fin de sellar la cabina.

Sistema de ventilación y extracción	Tanto los ventiladores de la fase de pintura como el ventilador para la fase de secado cuentan con una protección individual en caso de sobre voltaje. Se verificó la correcta instalación de los ventiladores los cuales cuentan con soportes rígidos que brindan la respectiva protección mecánica a los mismos.
Sistema eléctrico	Para las instalaciones eléctricas se debió tener especial cuidado en la selección de los materiales tales como cable de aislamiento adecuado (para temperaturas elevadas). En cuanto al sistema de control no se encontró ninguna dificultad.

Sistema de control	Toco cambiar al cable número 10 que presento a calentarse un poco por un numero 8.
Resistencias eléctricas	El sistema de calentamiento y sus accesorios necesitan especial cuidado: Fácil acceso hasta las resistencias para su mantenimiento y reemplazo en caso de ser necesario.
Cuerpo de la cabina-horno	La estructura de la cabina no presenta ningún tipo de complicaciones, el automóvil ingresa sin ningún inconveniente.
Puertas	Existen fugas de aire por la parte inferior de las puertas, por lo tanto se procede a colocar fillos de caucho (barrederas) con el fin de sellar las fugas de aire.
Sistema de ventilación y extracción	Las partículas de pintura son arrastradas según lo esperado, por lo cual no tenemos inconvenientes en esta parte del sistema.

CAPITULO VII

VII.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1-CONCLUSIONES

1. Es factible construir cabinas para pintado y secado de vehículos, ya que el costo de construir las es menor al de las importadas. El valor estimado que tendría esta cabina es de \$ 9000 USD, en comparación con las importadas que es aproximadamente de \$ 20000 por lo tanto tenemos un ahorro aproximado del 50%.
2. La cabina produce menos impacto ambiental que las de más por el sistema de paneles solares.
3. La cabina de pintado y secado es una cámara de dimensiones suficientes para mantener en su interior un automóvil y proveer el libre movimiento del pintor. Esta instalación asegura factores ambientales de ventilación, grado de humedad, y control de temperatura y no depende de las condiciones climáticas.
4. La cabina dispone de una buena ventilación para poder arrastrar hacia el exterior todo exceso de rocío y vapores explosivos, lo que hace el trabajo del pintor menos peligroso para su salud. Así mismo el sistema de filtros permite que los vapores generados durante la fase de pintado sean arrojados al ambiente libre de residuos de pintura evitando la contaminación del medio ambiente.
5. Al aislar el ambiente de la cabina del resto del taller y eliminar el rocío y los vapores se evita que durante la pulverización aquellos puedan depositarse sobre automóviles próximos con el consiguiente daño a sus carrocerías.
6. Se ha logrado cumplir con el objetivo principal de diseñar e implementar una cabina-horno para el repintado de vehículos, que opere de manera eficiente y además cuente con un control automático adecuado.
7. La cabina aporta ventajas que garantizan un acabado perfecto, además representa una ventaja desde el punto de vista medio ambiental, se retienen la

mayoría de partículas de pintura y compuestos orgánicos volátiles, y desde el punto de vista de la prevención de riesgos laborales, ya que permite al pintor trabajar en unas condiciones controladas.

8. No fue necesario la utilización de deflectores para la distribución uniforme del aire en el interior de la cabina.

9. La temperatura de operación se alcanza de manera eficiente, lo cual nos indica el correcto funcionamiento del sistema.

10. El sello de las puertas debe ser preciso, a fin de evitar fugas de energía.

11. La distribución de la temperatura en el interior de la cabina se mantiene prácticamente uniforme gracias al espesor de los paneles térmicos y al control electrónico de la temperatura produciéndose una variación máxima de temperatura de 5° C.

7.2- RECOMENDACIONES

1. Para acelerar el secado en trabajos de retoque y de panel, se pueden utilizar lámparas de infrarrojos, para evitar el uso de la cabina.

2. El uso de ropa y equipo de protección correcta le ayudara a protegerlo de muchos peligros con los que se tiene que enfrentar diariamente el pintor dentro de la cabina.

3. Asegúrese de que los equipos extinguidores de incendio sean los adecuados, y que estén situados en los lugares estratégicos del taller.

4. Debe dar un mantenimiento de limpieza cada 4 meses a los paneles solares ya que el polvo e impurezas del medio ambiente obstruye la penetración de los rayos solares a los paneles.

5. No apagar el quemador y ventilador al mismo tiempo pues si se hace así se encuentra una gran cantidad de calor residual y la cabina puede padecer de un sobrecalentamiento pernicioso.

6. No emplear la cabina como bodega para almacenar pinturas, herramientas, accesorios internos del automóvil a pintar, etc.
7. Durante el proceso de secado, cuando las niquelinas estén encendidas, se deberá procurar el no emplear equipos eléctricos que consuman mucha energía como electro soldadoras.
8. Asignar o delegar la operación de la cabina-horno a un solo pintor, ya que el mal uso de ésta, puede provocar desperfectos, principalmente en el sistema de control.

BIBLIOGRAFÍA:

- DISEÑO EN INGENIERIA MECÁNICA, Joseph E. Shingley - Charles R. Sexta edición.
- MECÁNICA DE FLUIDOS. Robert L Mott, Sexta edición.
- TRANSFERENCIA DE CALOR. J.P. Holman, Octava edición.
- TRANSFERENCIA DE CALOR Y MASAS. Yunus A. Cengel, Tercera Edición.
- TERMODINÁMICA. VirgilMoringFaires, Segunda edición.
- DISEÑO DE ELEMENTOS DE MAQUINAS, Robert L Mott, Sexta edición.
- www.hornosycabinas.com
- <http://www.socintec.com.ve/construccion.php#>
- www.revistacesvimap.com

A
NEXOS

MANUAL DE USUARIO

1. -INSTRUCCIONES PARA USUARIO

El pintor debe conocer los pasos a seguir para el uso del horno.

- Encender los breakers de corriente.
- Encender la iluminación dentro de la cabina.
- Encender el botón del motor que hacen funcionar los ventiladores.
- Encender el botón de las resistencias para obtener la temperatura correcta.
- En el controlador automático colocar la temperatura a la que debe apagarse las resistencias en este caso los 50°C.
- En caso de algún percance presionar el botón rojo inferior de la caja de control, que desconectara inmediatamente todo el funcionamiento.

2.- RECOMENDACIONES

1. El uso de ropa y equipo de protección correcta le ayudara a protegerlo de muchos peligros con los que se tiene que enfrentar diariamente el pintor dentro de la cabina.
2. Utilizar mascarilla para proteger de las sustancias químicas de las pinturas.
3. Apagar siempre el motor y el sistema de control de las resistencias.
4. Asegúrese de que los equipos extinguidores de incendio sean los adecuados, y que estén situados en los lugares estratégicos del taller.
5. No apagar el quemador y ventilador al mismo tiempo pues si se hace así se encuentra una gran cantidad de calor residual y la cabina puede padecer de un sobrecalentamiento pernicioso.

ARTÍCULO PARA REVISTA

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA CABINA DE PINTURA AUTOMOTRIZ QUE FUNCIONE CON ENERGIA SOLAR

INTRODUCCIÓN

Cuando nos vemos en la obligación de reparar parte del sistema de pintura, esto se traduce en tiempo extraordinario, excesivamente caro. Así que tenemos que procurar evitar los errores actuando de manera correcta. Esto se consigue efectuando el trabajo según el procedimiento apropiado y las técnicas adecuadas. También es importante comprender el comportamiento de la pintura durante el proceso de pintado.

Hoy en día han aumentado las exigencias de calidad para los recubrimientos, para esto, se han

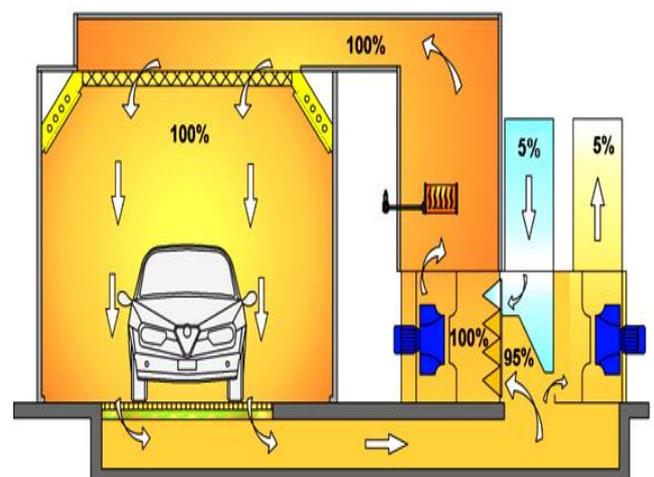
CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.

Las «células solares», dispuestas en paneles solares, ya producían electricidad en los primeros satélites espaciales. Actualmente se perfilan como la solución definitiva al problema de la electrificación rural, con clara ventaja sobre otras alternativas, pues, al carecer los paneles de partes móviles, resultan totalmente inalterables al paso del tiempo, no contaminan ni producen ningún ruido en absoluto, no consumen combustible y no necesitan mantenimiento. Además, y aunque con menos rendimiento, funcionan también en días nublados, puesto que captan la luz que se filtra a través de las nubes. La electricidad que así se obtiene puede usarse de manera directa (por ejemplo para sacar agua de un pozo o para regar, mediante un motor eléctrico), o bien ser almacenada en acumuladores para usarse en las horas nocturnas. También es posible inyectar la electricidad generada en la red general,

incorporado nuevos productos como Incoloro Acrílico Uretano, Aparejos de dos componentes, etc., que dan una terminación similar a la pintura de origen.

Los talleres que utilizan estos productos han tenido que incorporar como uno de los equipos importantes la "Cabina de Pintado - Secado". Además las compañías aseguradoras de vehículos califican a estos talleres para realizar trabajos de repintado de sus clientes.

obteniendo un importante beneficio. Si se consigue que el precio de las células solares siga disminuyendo, iniciándose su fabricación a gran escala, es muy probable que, para la tercera década del siglo, una buena parte de la electricidad consumida en los países ricos en sol tenga su origen en la conversión fotovoltaica.



CONFIGURACION DEL SISTEMA

Nuestro sistema fotovoltaico es un dispositivo que, a partir de la radiación solar, produce energía eléctrica en condiciones de ser aprovechada por el hombre. El sistema consta de los siguientes elementos:

- Un generador solar, compuesto por un conjunto de paneles fotovoltaicos, que captan la radiación luminosa procedente del sol y la transforman en corriente continua a baja tensión (24V).
- Un acumulador, que almacena la energía producida por el generador y permite disponer de corriente eléctrica fuera de las horas de luz o días nublados.
- Un regulador de carga, cuya misión es evitar sobrecargas o descargas excesivas al acumulador, que le produciría daños irreversibles; y asegurar que el sistema trabaje siempre en el punto de máxima eficiencia, es decir Cumple la función de administrar el flujo de electricidad desde los paneles hacia los acumuladores (baterías), cargándolos en forma segura y protegiéndolos tanto de sobrecargas como de descargas peligrosas que perjudiquen al desempeño de éstos.
- Un inversor (opcional), que transforma la corriente continua de 12 ó 24 V almacenada en el acumulador, en corriente alterna de 220 V.

Un panel fotovoltaico está construido por un conjunto de células solares conectadas eléctricamente entre sí en serie y paralelo hasta conseguir el voltaje.

VENTAJA DE USAR PANELES SOLARES

Ecuador, por su privilegiada situación y climatología, se ve particularmente favorecido respecto al resto de los países de Europa, ya que sobre cada metro cuadrado de su suelo inciden al año unos 1.500 kilovatios-hora de energía, cifra similar a la de muchas regiones de América Central y del Sur. Esta energía puede aprovecharse directamente, o bien ser convertida en otras formas útiles como, por ejemplo, en electricidad. Sería poco racional no intentar aprovechar, por todos los medios técnicamente posibles, esta fuente energética gratuita, limpia e inagotable, que puede liberarnos definitivamente de la dependencia del petróleo o de otras alternativas poco seguras, contaminantes o, simplemente, agotables.

Es preciso, no obstante, señalar que existen algunos problemas que debemos afrontar y superar. Aparte de las dificultades que una política energética solar avanzada conllevaría por sí misma, hay que tener en cuenta que esta energía está sometida a continuas fluctuaciones y a variaciones más o menos bruscas.



REALIZADO POR:

JOSE LUIS PINTO TORRES

EDGAR ANDRES ENRRIQUEZ GOVEO

ING. JUAN CASTRO

**DIRECTOR DE LA CARRERA
DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

DR. EDUARDO VÁSQUEZ

**DIRECTOR DE LA UNIDAD
DE ADMISIÓN Y REGISTRO**