

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

EXTENSIÓN LATACUNGA



DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN CABINA-HORNO DE PINTURA CON UN
SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE GLP PARA LA EMPRESA
AUTOMOTORES SANTAMARIA”

SANTAMARIA SALAZAR DARWIN GUSTAVO

Tesis presentada como requisito previo para la obtención del grado de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

Año 2012

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CARRERA DE INGENIERIA AUTOMOTRIZ

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Darwin Gustavo Santamaría Salazar

DECLARO QUE:

El proyecto de grado denominado DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UNA CABINA – HORNO DE PINTURA CON UN SISTEMA DE ALIMENTACION DE GLP, PARA LA EMPRESA “AUTOMOTORES SANTAMARIA”, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan el pie de las páginas correspondiente, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es mi autoría, en virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Latacunga, Junio del 2012.

Darwin Gustavo Santamaría Salazar

0502828395

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CARRERA DE INGENIERIA AUTOMOTRIZ

CERTIFICADO

ING. GUIDO TORRES (DIRECTOR)

ING. MARIO LARA (CODIRECTOR)

CERTIFICAN

Que el trabajo titulado “DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UNA CABINA – HORNO DE PINTURA CON UN SISTEMA DE ALIMENTACION DE GLP, PARA LA EMPRESA AUTOMOTORES SANTAMARIA” realizado por Darwin Gustavo Santamaría Salazar, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas establecidas por la ESPE-L, en el reglamento de estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército.

Debido a que constituye un proyecto de excelente calidad y contenido científico que servirá para el aprendizaje, la aplicación de conocimientos y desarrollo profesional por lo que SI recomiendan su publicación.

El mencionado trabajo consta de un documento empastado y un disco compacto el cual contiene los archivos en formato digital. Autorizan a Darwin Gustavo Santamaría Salazar que lo entregue al Ing. Juan Castro Clavijo, en calidad de Director de la Carrera de Ingeniería Automotriz.

Latacunga, Junio del 2012.

Ing. Guido Torres

DIRECTOR

Ing. Mario Lara

CODIRECTOR

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CARRERA DE INGENIERIA AUTOMOTRIZ

AUTORIZACIÓN

Yo, Darwin Gustavo Santamaría Salazar

Autorizo a la Escuela Politécnica del Ejército la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo “DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UNA CABINA – HORNO DE PINTURA CON UN SISTEMA DE ALIMENTACION DE GLP, PARA LA EMPRESA AUTOMOTORES SANTAMARIA”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, Junio del 2012.

Darwin Gustavo Santamaría Salazar

0502828395

DEDICATORIA

El presente proyecto de investigación lo dedico a Dios, mis padres, hermanos Mishell, Cesar, Rosario y con profundo cariño a mi hermano Cesar Augusto quien ha sido un ejemplo de superación en la vida a pesar de adversidades es un espejo a seguir.

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme salud y vida, mis padres por ser comprensivos y amorosos, mis hermanos por ser pacientes y en especial a mi ñaña Charito por darme siempre la mano en mis derrotas, alegrías y conducirme por el túnel del éxito.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|-------------------------------------|-------|
| CARATULA..... | I |
| DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD..... | II |
| CERTIFICACIÓN..... | III |
| AUTORIZACIÓN..... | IV |
| DEDICATORIA..... | V |
| AGRASECIMIENTO..... | VI |
| ÍNDICE DE CONTENIDOS..... | VII |
| ÍNDICE DE TABLAS..... | XVI |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | XX |
| ÍNDICE DE ANEXOS..... | XXIII |
| RESUMEN..... | XXIV |

CAPITULO 1

GENERALIDADES

| | |
|----------------------------------|---|
| 1.1 INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 1.2 ANTECEDENTES..... | 2 |
| 1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA..... | 3 |
| 1.4 OBJETIVOS..... | 3 |
| 1.4.1 OBJETIVO GENERAL..... | 3 |
| 1.4.2. OBJETIVO ESPECIFICO..... | 4 |

| | |
|--------------------------------------|---|
| 1.5 ALCANCE..... | 4 |
| 1.6 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA..... | 5 |

CAPITULO 2

MARCO TEÓRICO O FUNDAMENTO TEÓRICO

| | |
|---|----|
| 2.1 CÁMARA DE PINTADO Y SECADO..... | 7 |
| 2.1.1 TIPOS DE CABINA-CÁMARA..... | 11 |
| 2.1.1.1 FLUJO VERTICAL..... | 11 |
| 2.1.1.2 FLIJO SEMIVERTICAL..... | 12 |
| 2.1.1.3 FLUJO HORIZONTAL..... | 12 |
| 2.1.2 ESPACIO..... | 13 |
| 2.1.3 SISTEMA IMPULSIÓN Y EXTRACCIÓN DE AIRE..... | 14 |
| 2.1.3.1 TIPO GLOBO..... | 14 |
| 2.1.3.2 TIPO EQUILIBRADO..... | 15 |
| 2.1.4 DUCTOS DE TRANSFERENCIA..... | 16 |
| 2.1.4.1 DUCTO DE ENTRADA..... | 16 |
| 2.1.4.2 DUCTO DE SALIDA O RECIRCULACIÓN..... | 16 |
| 2.1.5 AISLANTE TÉRMICO Y ACÚSTICO..... | 16 |
| 2.1.6 FILTROS..... | 18 |
| 2.1.6.1 PREFILTRO..... | 20 |
| 2.1.6.2 POST- FILTRO “PLENUN”..... | 20 |

| | | |
|------------|---|----|
| 2.1.6.3 | FILTRO DE SUELO DEL HABITÁCULO "PAIN- STOP" | 22 |
| 2.1.6 | SISTEMA PARA ALCANZAR LA TEMPERATURA DESEADA... | 23 |
| 2.2 | MECANISMOS DE CONDUCCION DE CALOR..... | 25 |
| 2.2.1 | CONDUCCIÓN..... | 25 |
| 2.2.1.1 | TRANSFERENCIA DE CALOR POR CONDUCCIÓN..... | 26 |
| 2.2.1.2 | CONVECCIÓN EN PAREDES COMPUESTA..... | 28 |
| 2.2.2. | CONVECCIÓN..... | 30 |
| 2.2.2.1 | TRANSFERENCIA DE CALOR POR CONVECCIÓN..... | 31 |
| 2.2.2.1.1. | COEFICIENTE DE CONVECCIÓN INTERNO (h_i)..... | 32 |
| 2.2.2.1.2 | COEFICIENTE DE CONVECCIÓN EXTERNO (h_o)..... | 33 |
| 2.2.3 | CONVECCIÓN Y CONDUCCIÓN..... | 33 |
| 2.2.4 | RADIACIÓN..... | 35 |
| 2.2.4.1 | TRANSFERENCIA DE CALOR POR RADIACIÓN..... | 36 |
| 2.2.5 | INTERCAMBIADOR DE CALOR..... | 38 |
| 2.2.5.1 | CONFIGURACIÓN DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR..... | 38 |
| 2.2.5.2 | FUNCIONAMIENTO DEL INTERCAMBIADOR..... | 40 |
| 2.2.5.3 | CONFORMACIÓN DEL BANCO DE TUBOS..... | 41 |
| 2.2.5.4 | CARACTERÍSTICAS DE LOS TUBOS Y SU MATERIAL..... | 41 |
| 2.2.5.5 | ARREGLO DE TUBOS..... | 43 |
| 2.3 | SISTEMAS DE COMBUSTIÓN..... | 44 |
| 2.3.1 | EL GAS..... | 44 |

| | |
|---|----|
| 2.3.1.1 PROPIEDADES DEL GAS..... | 45 |
| 2.3.1.2 PROPIEDADES QUÍMICAS DEL GAS..... | 45 |
| 2.3.2 EL AIRE..... | 46 |
| 2.3.2.1 PROPIEDADES FÍSICAS DEL AIRE..... | 46 |
| 2.3.2.2 PROPIEDADES QUÍMICAS DEL AIRE..... | 46 |
| 2.3.2.2.1 VELOCIDAD DEL AIRE..... | 47 |
| 2.4 ASPECTOS GENERALES..... | 48 |
| 2.4.1 CONTROL DE LA ATMOSFERA DEL HORNO..... | 48 |
| 2.4.1.1 ASPECTOS MEDIOAMBIENTALES..... | 48 |
| 2.4.2 PINTURA..... | 49 |
| 2.4.2.1 TIPOS DE PINTURAS..... | 49 |
| 2.4.2.2 CARACTERÍSTICAS DE LA PINTURA..... | 50 |
| 2.4.2.3 PROPIEDADES DE LA PINTURA..... | 51 |
| 2.4.2.4 ELEMENTOS PARA PINTAR..... | 56 |
| 2.4.2.5 NORMAS PARA EL PINTADO EN CABINA..... | 58 |

CAPITULO 3

DISEÑO TÉRMICO

| | |
|--|----|
| 3.1 PARÁMETROS Y CONSIDERACIONES DE DISEÑO..... | 63 |
| 3.1.1 TEMPERTURA DEL AIRE ATMOSFÉRICO..... | 64 |
| 3.1.2 TEMPERATURA EN EL INTERIOR DE LA CABINA..... | 64 |

| | | |
|---------|---|-----|
| 3.1.3 | MEDIDAS DE LA CABINA-HORNO..... | 65 |
| 3.1.4 | EFICIENCIA DEL INTERCAMBIADOR..... | 65 |
| 3.2 | BALANCE ENERGÉTICO..... | 66 |
| 3.2.1 | CALOR REQUERIDO PARA CALENTAR LA MASA DE AIRE.... | 66 |
| 3.2.2 | CALOR REQUERIDO PARA CALENTAR EL AUTO..... | 67 |
| 3.3 | DISEÑO DE LA CÁMARA DE SECADO..... | 69 |
| 3.3.1 | CONDUCCIÓN DEL CALOR HACIA EL PISO DEL HORNO..... | 69 |
| 3.3.2 | TRANSFERENCIA DE CALOR POR LAS PAREDES..... | 72 |
| 3.3.2.1 | CALOR PERDIDO EN PAREDES..... | 76 |
| 3.3.3 | ANÁLISIS DE TRANSFERENCIA DE CALOR PARA LA CUBIERTA..... | 77 |
| 3.4 | DISEÑO DE LA CÁMARA DE COMBUSTIÓN..... | 80 |
| 3.4.1 | DISEÑO DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR..... | 84 |
| 3.4.2 | CONFORMACIÓN DEL BANCO DE TUBOS..... | 86 |
| 3.5 | DUCTOS DE ENTRADA Y SALIDA DE AIRE DE PROCESO..... | 102 |
| 3.5.1 | PERDIDA DE CALOR DUCTOS HORIZONTALES..... | 102 |
| 3.5.2 | PERDIDA DE CALOR DUCTOS VERTICALES..... | 105 |
| 3.5.3 | PERDIDA DE CALOR EN CHIMENEA..... | 108 |
| 3.6 | PERDIDAS DE CALOR EN RENOVACIONES DE AIRE DE LA CÁMARA..... | 110 |
| 3.6.1 | CONSUMO DE COMBUSTIBLE..... | 111 |
| 3.7 | SIMULACION DEL PROCESO DE CALENTAMIENTO..... | 112 |

| | |
|--|-----|
| 3.7.1 ANSYS PROJECT TRANSFERENCIA TÉRMICA..... | 112 |
| 3.8 PERDIDAS POR FRICCIÓN EN DUCTOS..... | 125 |
| 3.8.1 CALCULO DE DUCTOS..... | 126 |
| 3.8.2 PERDIDAS POR FRICCIÓN EN DUCTOS..... | 127 |

CAPITULO 4

DISEÑO ESTRUCTURAL

| | |
|--|-----|
| 4.1 ETAPAS EN EL PROCESO DEL DISEÑO..... | 129 |
| 4.1.1 SELECCIÓN DE MATERIALES..... | 129 |
| 4.1.2 DIMENSIONAMIENTO ESTRUCTURAL..... | 130 |
| 4.2 ANALISIS ESTRUCTURAL..... | 130 |
| 4.2.1 AUTODESK DISEÑO ESTRUCTURAL..... | 131 |
| 4.2.1.1 PROPIEDADES DEL ACERO..... | 131 |
| 4.2.1.2 MATERIALES..... | 132 |
| 4.2.1.3 SECCION O SECCIONES TRANSVERSALES..... | 133 |
| 4.2.1.4 MODELO DE VIGA..... | 138 |
| 4.2.1.5 CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO..... | 138 |
| 4.2.1.5.1 FUERZA 1..... | 139 |
| 4.2.1.5.2 FUERZA 2..... | 140 |

| | |
|--|-----|
| 4.2.1.5.3 FUERZA 3..... | 141 |
| 4.2.1.5.3 FUERZA 3..... | 141 |
| 4.2.1.6 RESULTADO..... | 142 |
| 4.2.1.6.1 RESUMEN DE RESULTADOS ESTÁTICOS..... | 149 |
| 4.2.1.6.2 DESPLAZAMIENTO EN LOS EJES..... | 150 |
| 4.2.1.6.3 DESCOMPOSICIÓN DE MOMENTOS EN X,Y,Z..... | 153 |

CAPITULO 5

CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE

| | |
|--------------------------------------|-----|
| 5.1 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS..... | 157 |
| 5.1.1 CÁMARA DE SECADO..... | 157 |
| 5.1.1.1 DEFINICIÓN DE VARIABLES..... | 157 |
| 5.1.1.2 CIMENTACIÓN..... | 158 |
| 5.1.1.3 PAREDES Y TECHO..... | 158 |
| 5.1.1.4 MATRIZ DE SELECCIÓN..... | 158 |
| 5.2 SISTEMA DE CALEFACCIÓN..... | 160 |
| 5.2.1 DEFINICIÓN DE VARIABLES..... | 160 |
| 5.2.1.1 ALTERNATIVAS VIABLES..... | 161 |
| 5.3 SISTEMA DE COMBUSTIÓN..... | 164 |
| 5.3.1 DEFINICIÓN DE VARIABLES..... | 164 |
| 5.3.2 ALTERNATIVAS VIABLES..... | 165 |

| | |
|---|-----|
| 5.3.3 MATRIZ DE SELECCIÓN..... | 165 |
| 5.4 RESUMEN DE LAS CARACTERISTICAS DE LAS ALTERNATIVAS SELECCIONADAS..... | 167 |
| 5.4.1 CÁMARA DE SECADO..... | 167 |
| 5.4.1.1 CIMENTACIÓN..... | 167 |
| 5.4.1.2 PAREDES Y TECHO..... | 167 |
| 5.4.2 SISTEMA DE VENTILACIÓN..... | 167 |
| 5.4.3 SISTEMA DE CALEFACCIÓN..... | 168 |
| 5.5 CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE..... | 168 |
| 5.5.1 RECURSOS DE FABRICACIÓN..... | 168 |
| 5.5.1.1 MANO DE OBRA..... | 168 |
| 5.5.1.2 MAQUINARIA Y HERRAMIENTA..... | 169 |
| 5.5.2 DIAGRAMA DE PROCESO..... | 173 |
| 5.5.2.1 OPERACIÓN..... | 174 |
| 5.5.2.2 INSPECCIÓN..... | 174 |
| 5.5.2.3 TRANSPORTE..... | 174 |
| 5.5.2.4 ALMACENAJE..... | 174 |
| 5.5.2.5 RETRASO..... | 175 |
| 5.5.2.6 ACTIVIDAD COMBINADA..... | 175 |
| 5.5.3 ELABORACIÓN DEL DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO..... | 175 |
| 5.5.3.1 FASE DE CONSTRUCCIÓN DE COMPONENTES..... | 175 |

| | |
|--|-----|
| 5.5.3.2 DIAGRAMA CÁMARA DE SECADO..... | 176 |
| 5.5.3.3 DIAGRAMA CONSTRUCCION DEL BANCO DE TUBOS..... | 179 |
| 5.5.3.4 DIAGRAMA VENTILADORES E INTERCAMBIADOR..... | 183 |
| 5.5.3.5 DIAGRAMA INSTALAR MOTORES DE INYECCIÓN Y EXPULSIÓN..... | 185 |
| 5.5.3.6 DIAGRAMA MONTAJE DUCTOS-CHIMENEA..... | 189 |

CAPÍTULO 6

PRUEBAS DE OPERACIÓN Y FUNCIONAMIENTO

| | |
|--|-----|
| 6.1 VERIFICACIÓN DE FUNCIONAMIENTO..... | 191 |
| 6.2 PARÁMETRO DE PRUEBAS..... | 192 |
| 6.2.1 TEMPERATURA CÁMARA DE SECADO..... | 192 |
| 6.2.2 VELOCIDAD DE AIRE..... | 192 |
| 6.2.3 TIEMPO DE CALENTAMIENTO DE LA ACAMARA..... | 192 |
| 6.2.4 TIEMPO CIERRE DAMPER..... | 192 |
| 6.3 TOMA DE DATOS..... | 193 |
| 6.4 ANÁLISIS DE DATOS..... | 193 |

CAPITULO 7

ANÁLISIS ECONÓMICO Y FINANCIERO

| | |
|-----------------------------|-----|
| 7.1 ESTUDIO DE MERCADO..... | 196 |
|-----------------------------|-----|

| | | |
|---------|---|-----|
| 7.1.1 | METODOLOGÍA..... | 196 |
| 7.1.2 | IDENTIFICACIÓN DE LOS PRODUCTOS/SERVICIOS..... | 196 |
| 7.1.3 | TAMAÑO DE LA MUESTRA..... | 197 |
| 7.1.4 | ANÁLISIS DE LA DEMANDA..... | 197 |
| 7.1.4.1 | DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE MERCADO DE CONSUMO..... | 198 |
| 7.1.4.2 | PROYECCION DE LA DEMANDA..... | 198 |
| 7.1.5 | ANÁLISIS DE LA OFERTA..... | 199 |
| 7.1.5.1 | ANÁLISIS DE PRECIOS..... | 200 |
| 7.1.6 | CANALES DE COMERCIALIZACIÓN..... | 201 |
| 7.2 | INVERSION INICIAL DEL PROYECTO..... | 202 |
| 7.2.1 | COSTO DE OPERACIÓN DEL PROYECTO..... | 203 |
| 7.2.1.1 | COSTOS OPERATIVOS..... | 203 |
| 7.2.1.2 | MANO DE OBRA DIRECTA..... | 204 |
| 7.2.1.3 | MANO DE OBRA INDIRECTA..... | 204 |
| 7.2.1.4 | GASTOS INDIRECTOS..... | 205 |
| 7.9 | DEPRECIACIONES..... | 205 |
| 7.4 | NOTACIÓN Y FORMULAS DEL FLUJO NETO DE CAJA (FNC)..... | 206 |
| 7.5 | VALOR ACTUAL NETO (VAN)..... | 210 |
| 7.6 | TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)..... | 211 |
| 7.7 | PERIODO DE RECUPERACIÓN DEL CAPITAL..... | 213 |

CAPITULO 8

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1

CONCLUSIONES.....215

8.2

RECOMENDACIONES.....215

BIBLIOGRAFÍA.....217

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|-----|
| Tabla N°2.1 Velocidad del viento..... | 47 |
| Tabla N°3.1 Tabulación de temperaturas en el área del proyecto..... | 64 |
| Tabla N°3.2 Propiedades termo físicas del acero..... | 66 |
| Tabla N°3.3 Propiedades físicas del acero..... | 67 |
| Tabla N°3.4 Propiedades físicas del aire a 20°C..... | 69 |
| Tabla N°3.5 Propiedades físicas del aire a 45°C..... | 72 |
| Tabla N°3.6 Propiedades físicas del aire a 55°C..... | 78 |
| Tabla N° 3.7 Espesor y coeficiente de conductividad de los elementos..... | 84 |
| Tabla N°3.8 Propiedades físicas del material a43°C..... | 86 |
| Tabla N°3.9 Temperaturas asumidas..... | 87 |
| Tabla N°3.10 Espesor y coeficiente de conductividad del Intercambiador | 102 |
| Tabla N°3.11 Propiedades termofísicas del aire 190°C..... | 103 |
| Tabla N°3.12 Espesor y coeficiente de conductividad del ducto horizontal..... | 105 |
| Tabla N°3.13 Propiedades termofísicas del aire 190°C..... | 106 |
| Tabla N°3.14 Espesor y coeficiente de conductividad del ducto vertical..... | 107 |

| | |
|--|-----|
| Tabla N°3.15 Propiedades termo físicas del aire 190°C..... | 108 |
| Tabla N° 3.16 Espesor y coeficiente de conductividad de chimenea | 110 |
| Tabla N°3.17 Propiedades termo físicas del aire 70°C..... | 111 |
| Tabla N° 3.18 Modelo de análisis | 113 |
| Tabla N°3.19 Condiciones iniciales..... | 114 |
| Tabla N° 3.20 Configuración de análisis..... | 115 |
| Tabla N°3.21 Cargas..... | 116 |
| Tabla N° 3.22 Coeficiente de convección a temperatura inicial..... | 117 |
| Tabla N° 3.23 Información de Solución..... | 118 |
| Tabla N° 3.24 Resultados de temperaturas..... | 118 |
| Tabla N° 3.25 Resultados de temperaturas..... | 121 |
| Tabla N° 3.26 Resultados de temperaturas en función de tiempo..... | 122 |
| Tabla N° 3.27 Resultados de flujo total de aire caliente..... | 124 |
| Tabla N° 3.28 Resultados direccionamiento de flujo total de aire caliente..... | 125 |
| Tabla N° 3.29 Parámetros de diseño de ductos..... | 125 |
| Tabla N° 4.1 Propiedades del acero..... | 131 |
| Tabla N° 4.2 Propiedades físicas del acero..... | 132 |
| Tabla N° 4.3 Secciones transversales de la estructura..... | 138 |
| Tabla N° 4.4 Modelo y número de elementos de la estructura..... | 138 |
| Tabla N 4.5 Magnitud y dirección en el eje z..... | 138 |

| | |
|---|-----|
| Tabla N° 4.6 Fuerza en 1..... | 139 |
| Tabla N° 4.7 Fuerza en 2..... | 140 |
| Tabla N° 4.8 Fuerza en 3..... | 141 |
| Tabla N° 4.9 Fuerza y pares de reacción en restricciones..... | 148 |
| Tabla N° 4,10 Resumen de Esfuerzos Estáticos..... | 149 |
| Tabla N° 5.1. Definición de variables..... | 157 |
| Tabla N° 5.2 Matriz de selección. Cámara de secado..... | 159 |
| Tabla 5.3. Definición de variables. Sistema de ventilación..... | 160 |
| Tabla 5.4 Matriz de selección. Sistema de Ventilación..... | 163 |
| Tabla 5.5. Definición de variables. Sistema de Combustión..... | 164 |
| Tabla 5.6. Matriz de selección. Sistema de Ventilación..... | 166 |
| Tabla N° 6.1 Hoja de Funcionamiento..... | 191 |
| Tabla N° 7.1 Tamaño de muestra..... | 197 |
| Tabla N° 7.2 Muestra de talleres en costos..... | 200 |
| Tabla N°7.3 Costo inicial del proyecto..... | 202 |
| Tabla N°7.4 Costo operación..... | 203 |
| Tabla N°7.5 Costo Directos de mano de obra..... | 204 |
| Tabla N°7.6 Costo Indirectos de mano de obra..... | 204 |
| Tabla N°7.7 Costo Indirectos de operación..... | 205 |
| Tabla N° 7.8 Flujo mensual de vehículos..... | 208 |
| TablaN°7.9 Flujo de caja..... | 209 |

| | |
|-------------------------------------|-----|
| TablaN°7.10 Valor neta del Van..... | 211 |
|-------------------------------------|-----|

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura N°2.1 Sentido del flujo de aire en el interior de la cabina..... | 8 |
| Figura N° 2.2 Funcionamiento en una cabina-horno de ventilación..... | 10 |
| Figura N° 2.3 Cabina de pintura de flujo de aire vertical..... | 11 |
| Figura N° 2.4 Cabina de pintura de flujo semivertical..... | 12 |
| Figura N° 2.5 Cabina de pintura de flujo horizontal..... | 13 |
| Figura N° 2.6 Cabina de pintura modelo globo..... | 14 |
| Figura N° 2.7 Cabina de pintura modelo "equilibrado"..... | 14 |
| Figura N° 2.8 Aislante acústico de cabinas de pintura..... | 17 |
| Figura N° 2.9 Filtros de cabina de pintura..... | 19 |
| Figura N° 2.10 Pre filtros al corte de cabina de pintura..... | 20 |
| Figura N° 2.11 Rejilla de filtros en la parte superior de cabina..... | 21 |
| Figura N° 2.12 Filtro de Ingreso de aire por el plenum..... | 21 |
| Figura N° 2.13 Filtros sujetos al piso cabina de pintura..... | 23 |
| Figura N° 2.14 Cabina de lámparas infrarrojas..... | 24 |
| Figura N° 2.15 Paredes de conducción..... | 26 |
| Figura N° 2.16 Gradiente de temperatura para flujo uniforme de calor..... | 27 |
| Figura N° 2.17 Transferencia de calor en paredes compuestas..... | 28 |
| Figura N° 2.18 Paredes compuestas..... | 30 |
| Figura N° 2.19 Convección y conducción de calor en cuerpos..... | 34 |

| | | |
|----------------|---|-----|
| Figura N° 2.20 | Análisis de transferencia de temperatura en pared..... | 35 |
| Figura N° 2.21 | Configuración del intercambiador de calor..... | 40 |
| Figura N° 2.22 | Configuración de la sección transversal de los tubos... | 42 |
| Figura N° 2.23 | Diámetro interior y exterior del tubo..... | 42 |
| Figura N° 2.24 | Arreglo de los tubos..... | 43 |
| Figura N° 3.1 | Media logarítmica en el intercambiador de calor..... | 98 |
| Figura N°3.2 | Temperatura transversal de tubos..... | 98 |
| Figura 3.3 | Análisis a 3000m sobre el nivel del mar..... | 113 |
| Figura N°3.4 | Análisis de temperatura constante a 70°C..... | 116 |
| Figura N°3.5 | Análisis de transferencia de calor por convección..... | 117 |
| Figura N°3.6 | Análisis de temperatura global máxima..... | 119 |
| Figura N°3.7 | Análisis de temperatura global mínima..... | 119 |
| Figura N°3.8 | Temperatura mínima..... | 121 |
| Figura N°3.9 | Flujo total de aire caliente | 123 |
| Figura N°3.10 | Direccionamiento del Flujo de aire caliente..... | 124 |
| Figura N° 4.1. | Direccionamiento de la fuerza 1 | 139 |
| Figura N° 4.2. | Direccionamiento de la fuerza 2..... | 140 |
| Figura N° 4.3. | Direccionamiento de la fuerza 3..... | 141 |
| Figura N° 4.4 | Desplazamiento en los ejes x,y,z..... | 150 |
| Figura N° 4.5 | Desplazamiento en los ejes x..... | 151 |
| Figura N° 4.6 | Desplazamiento y fuerzas en el eje y..... | 152 |

| | |
|---|-----|
| Figura N° 4.7 Desplazamiento y fuerzas en el eje z..... | 152 |
| Figura 4.8 Momentos en el eje de las x (Mx)..... | 153 |
| Figura 4.9 Momentos en el eje de las y (My)..... | 153 |
| Figura 4.10 Momentos en el eje de la z (Mz)..... | 154 |
| Figura 4.11 Simulación máxima..... | 154 |
| Figura 4.12 Simulación mínima..... | 155 |
| Figura 4.13 Tensión en el eje de las x (Tx)..... | 155 |
| Figura 4.14 Tensión en el eje de las y (Ty)..... | 156 |
| Figura 4.15 Tensión en T..... | 156 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | |
|--------------|-----|
| ANEXO A..... | 119 |
| ANEXO B..... | 222 |
| ANEXO C..... | 225 |
| ANEXO D..... | 233 |

RESUMEN

La empresa AUTOMOTORES SANTAMARÍA brinda el servicio de mecánica automotriz la misma que dentro de los procesos de trabajo, se tiene pintura de autos.

Para la capa de acabado final en el área de repinte la empresa utiliza pintura poliuretano, recubrimiento que permite obtener excelente calidad, mayor resistencia a los factores externos, esta es recomendable para producción en serie debido a la reducción de los tiempos de aplicación y secado.

Para el diseño del horno se utilizara GLP (Gas Licuado de Petróleo) como combustible, debido a que con este se obtiene una combustión más pura minimizando las emisiones contaminantes de otros combustibles como diesel u otros derivados de petróleo, ya que éstas perjudican la calidad de productos en la operación continua del horno. En el mundo se está tratando de evitar el uso de combustibles contaminantes, pasando a ser una norma de calidad.

Durante el proceso es necesario revisar el control de temperatura en el interior del horno, debido a que ésta debe llegar a matizar a 22°C, y en la fase de secado una temperatura de 70°C aproximadamente, y mantenerse constante durante un cierto tiempo para obtener un producto de alta calidad, éste se obtiene realizando las pruebas necesarias para determinar la temperatura adecuada; para lo cual es necesario utilizar sistemas de control, éstos pueden ser manuales o automáticos; además se pueden incluir otros elementos para controlar la calidad de aire que ingresa a la cámara.

La empresa "AUTOMOTORES SANTAMARÍA" apuntalara al diseño de este proyecto, con apoyo económico y técnico para la elaboración del mismo.

La empresa dispone de equipos y herramientas en metal mecánica, la construcción del horno se realizara en la planta de la empresa, contando con mano de obra calificada de la empresa.

Se ha propuesto por parte de la empresa y los ejecutores del proyecto, implementar este Sistema de Pintura al Horno en el espacio necesario para su correcta ubicación dentro de la planta, debido a las políticas de la empresa de precautelar la naturaleza y tener un bajo nivel de contaminación se ha tomado la decisión de usar como combustible del proyecto el GLP (Gas Licuado Petróleo) como combustibles para el sistema de calentamiento, además del factor económico, un factor determinante es el hecho de que este combustible no produce emisiones tan contaminantes obteniendo una contaminación más pura. Como norma de calidad se debe usar combustibles que contaminen lo menos posible tanto al exterior como en el interior del horno, por ese motivo es necesario controlar la calidad del aire caliente que ingresa al horno, ya que si éste contiene impurezas éstas se van a pegar en los productos y es posible que la pintura no seque adecuadamente por lo que el producto se puede trizar, la pintura se despega o se quiebra, produciendo fallas en los productos y por ende afectando al nombre de la empresa.

Este proyecto tiene por objeto demostrar las ventajas de pintar y hornear pintura polurietano, además se prevé obtener costos inferiores que los ofertados por los fabricantes de estos sistemas. Para las pruebas se utilizará instrumentación adecuada para este tipo de maquinaria, además se pueden realizar pruebas directamente en los productos pintados que demuestren si el funcionamiento del sistema es el correcto.

En este proyecto se presentan conceptos básicos acerca de la pintura a utilizar, principales características, propiedades, componentes, los diferentes tipos de pintura.

Se realiza una descripción exhaustiva acerca del proceso de pintado, analizando cada una de sus fases desde el proceso de limpieza, métodos y equipos de aplicación.

Se efectuó un análisis del antiguo proceso de Producción de la empresa, y de los sistemas que ésta decidió implementar en el nuevo taller; también se describe a la cabina- horno, se realiza el dimensionamiento del espacio interior que ambos necesitan, de acuerdo al tamaño de los productos que la empresa fabrica y al volumen de producción, además se describe al sistema de calentamiento de Aire del Sistema.

Para el diseño térmico se realizó el estudio de las condiciones atmosféricas del sitio de instalación de los componentes del sistema, el análisis termodinámico del combustible, el análisis de temperaturas en el horno, la determinación del flujo de calor por unidad de área y el espesor del aislante, la potencia que se requiere para alcanzar la temperatura máxima en el interior del horno. El diseño del sistema de calentamiento de aire, el diseño del quemador.

Para la construcción y montaje del modelo cabina-horno se realizó un análisis previo, involucrado el diseño mecánico respectivo, los procedimientos de soldadura, cortado y otras operaciones utilizadas durante la fase de construcción.

En el protocolo de pruebas se describe el equipo utilizado y el procedimiento previo a realizar las pruebas de funcionamiento de la cabina-horno de curado. Con los resultados obtenidos en las pruebas se procedió a analizarlos para determinar las características principales del horno-cabina en operación. También se realizó un estudio financiero que demostró la factibilidad del proyecto, además comparando con otros sistemas del mismo tipo resulta sumamente económico la adquisición del proyecto.

SUMMARY

The company "AUTOMOTIVE SANTAMARÍA" provides the service of automobile mechanics the same as that within the work processes, it is painting of cars.

For the finishing coat in the final area of repaint the company uses poluretano paint, coating that allows you to get excellent quality, the greater the resistance to external factors, this is recommended for serial production due to the reduction in the time of application and drying.

For the design of the furnace will be used LPG (Liquefied Petroleum Gas) as a fuel, due to the fact that with this you get a more pure combustion by minimizing pollutant emissions of other fuels such as diesel and other petroleum derivatives, as these hurt the quality of products in continuous operation of the oven. In the world is trying to avoid the use of polluting fuels, becoming a standard of quality.

During the process it is necessary to check the temperature control on the interior of the oven because it must come to qualify to 22 °C, and in the drying phase a temperature of 70 °C approximately, and kept constant during a certain time to obtain a high quality product,, this is obtained by conducting the tests necessary to determine the correct temperature for which it is necessary to use control systems, these can be manual or automated; in addition you can include other elements to control the quality of air that enters the camera.

The company "AUTOMOTIVE SANTAMARÍA" will buttress to the design of this project, with financial and technical support for the development of the same.

The company has the equipment and tools in metal mechanical, the construction of the furnace will be in the company's plant, counting with a skilled workforce of the company.

It has been proposed by the company and the executors of the project, deploy this Paint system in the oven in the space required for their proper location within the site, due to the policies of the company of precautionary measure the nature and have a low level of contamination, the decision has been taken to use as a fuel of the project, the LPG (Liquefied Petroleum Gas) as fuel for the heating system, in addition to the economic factor, a determining factor is the fact that this fuel produces no emissions as pollutants getting a more pure pollution, As a rule of quality must be use fuels that pollute the least possible both the outside and the inside of the oven, for this reason it is necessary to control the quality of the hot air that enters the oven, because if this contains impurities are going to paste in the products and it is possible that the paint does not dry properly by what the product can be crack, the paint peels off or breaks, producing failures in the products and therefore affecting the company name.

This project aims to demonstrate the advantages of painting and paint baking polurietano, also is expected to obtain lower costs than those offered by the manufacturers of these systems. Evidence for the proper instrumentation will be used for this type of machinery, in addition testing can be done directly in the painted products that will show if the operation of the system is correct.

In this project are presented basic concepts about the paint to use, key characteristics, properties, components, the different types of paint.

It performs an exhaustive description about the painting process, analyzing each of its phases from the cleaning process, methods, and application equipment.

Conducted an analysis of the old process of production of the company, and the systems you're decided to implement in the new workshop; it also describes the cab- oven, is performed the dimensioning of the inner space that both need, according to the size of the products manufactured by the

company and the volume of production, it also describes the system of air heating system.

For the thermal design of the study of atmospheric conditions of the installation site for the components of the system, the thermodynamic analysis of the fuel, the analysis of temperatures in the kiln, the determination of the heat flux per unit area and the thickness of the insulation, the power required to achieve the maximum temperature in the interior of the oven. The design of the heating system of air, the burner design.

For the construction and assembly of the model cab-oven was conducted a preliminary analysis, mechanical design involved the respective, the procedures for welding, cutting and other operations used during the construction phase.

In the test protocol describes the equipment used and the procedure prior to perform functional testing of the cab-curing oven. With the results obtained in the tests proceeded to analyze the data to determine the main features of the cabin-furnace in operation. There was also a financial study that demonstrated the feasibility of the project, as well as comparing with other systems of the same type is extremely economic the acquisition of the project.

CAPITULO 1

GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

La Empresa “Automotores Santamaría” ofrece los servicios de chapistería y pintura, utiliza varios procesos hasta el acabado final, para el recubrimiento de las piezas de los vehículos emplea materiales de pintura acrílica y poliuretano obteniendo excelente resultados; con la finalidad de garantizar un trabajo d calidad y ante la exigencia del mercado de prestar un mejor servicio, la gerencia decide desarrollar tecnología en acabados de chapistería mediante el proyecto; Diseñar y Construir la Cabina-Horno para el Curado de Carrocerías Metálicas de Vehículos mediante el uso de pintura poliuretano.

El presente proyecto lo realiza el estudiante Darwin Santamaría alumno de la Carrera de Ingeniería Automotriz de la Escuela Politécnica del Ejército Sede Latacunga (ESPE-L), se buscara las mejores alternativas de acuerdo a las necesidades de la Empresa, para lo cual es necesario reforzar y aplicar los conocimientos adquiridos en las diferentes áreas de la carrera.

En el diseño de la cabina-horno se utilizará el gas como combustible, debido a que con éste se obtiene una combustión más pura que otras emisiones contaminantes de carburantes como diesel u otros derivados de petróleo, ya que estas perjudican la calidad de los productos en la operación continua de la cabina-horno.

En el mundo se está tratando de evitar el uso de combustibles contaminantes, pasando a ser una norma de calidad.

Durante el proceso es necesario realizar el control de temperatura en el interior del horno, debido que esta debe llegar a 70°C, sobre la chapa del vehículo y mantenerse constante durante un cierto tiempo para obtener un acabado de calidad, este se obtiene realizando las pruebas necesarias para determinar la temperatura adecuada.

La Empresa Automotores Santamaría se beneficiará con la consecución de este proyecto y entregará el apoyo económico y técnico para la elaboración del mismo, la empresa dispone de equipos y herramientas en metal mecánica, la construcción de la cabina-horno se realizara en la misma planta de la empresa, contando con la mano de obra calificada.

1.2 ANTECEDENTES

Actualmente el departamento de pintura, no puede cumplir con todos los procesos en forma adecuada a los requerimientos del pintado automotriz, ya que no dispone de una cabina-horno para el curado de chapa automotriz.

Por lo expuesto anteriormente, Automotores Santamaría, empresa que está a la vanguardia, ha decidido realizar las adecuaciones necesarias para cumplir con el diagrama de proceso, acompañado de un control de calidad. En nuestro país esta tecnología es de uso exclusivo de las casas

importadoras de vehículos (concesionarias), lo que hace difícil la comercialización de un modelo de cabina-horno de pintura; su elaboración y uso nos pondrá al mismo nivel industrial de otras provincias de la región y del país.

Los resultados que espera lograr la empresa, con la implantación de este proyecto se resumen a continuación.

- Obtener una temperatura en la cabina-horno de 60°C a 80°C
- Lograr una eficiencia de recirculación de aire caliente
- Incrementar la productividad en el área de pintura con el mejoramiento de procesos.
- Optimizar el acabado del trabajo en la chapa de pintura

1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Automotores Santamaría requiere implementar una cabina-horno de pintura en sus instalaciones para garantizar el terminado del repinte automotriz buscando el optimizar tiempos de trabajo

1.3 OBJETIVOS.

1.4.1 OBJETIVO GENERAL.

- Diseñar y Construir una Cabina-Horno de pintura a gas para vehículos livianos.

1.4.2 OBJETIVO ESPECIFICO.

- Diseñar y construir un sistema de ventilación basado en un intercambiador de calor que mediante la utilización de gas comercial permita generar un ambiente idóneo para el pintado y secado automotriz.
- Acondicionar el sistema de iluminación que faciliten la selección de lámparas a utilizar, la altura y distribución de estos aparatos.
- Reducir los tiempos de secado, aumentar la producción de pintado de varios coches al día y a la vez garantizar un acabado perfecto en cada vehículo pintado.
- Minimizar los estándares de contaminación que los residuos y emisiones en el pintado de carrocerías tienen sobre el medio ambiente, ya que la mayoría de las partículas de pintura, los humos y los gases se retienen por una serie de filtrados.
- Prevenir los riesgos laborales, una instalación de pintura, junto a otros medios, permite al pintor y a sus ayudantes trabajar en un ambiente exento de toxicidad y otros elementos contaminantes.

1.4 ALCANCE

El presente proyecto persigue solucionar la necesidad de la empresa de completar sus procesos en el departamento de pintado automotriz.

El primer punto importante del presente proyecto es cerrar la cadena de producción de la empresa, donde el departamento de pintado lo finalice con la ayuda de la cabina-horno entregando un producto con los más altos estándares de calidad al mercado automotriz.

Este proyecto tiene como principal misión, demostrar las ventajas de utilizar una cabina-horno para el recubrimiento de chapa automotriz, además se prevé obtener costos inferiores que los ofertados por los fabricantes de estos sistemas

1.5 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

El aporte industrial y tecnológico no está apartado de los estándares de calidad, y en la actualidad éstos deben responder no solo a las exigencias del mercado industrial sino de un programa de impacto ambiental.

En la actualidad todo lo que se pueda aportar en el desarrollo industrial de un país en vías de desarrollo como el Ecuador, no puede estar exento de la calidad y de la protección del medio ambiente. Por este motivo, el proyecto de perfeccionar el Sistema de la cabina - horno de pintura para vehículos livianos, y con la utilización de un combustible no tradicional, en esta clase de servicio, como el gas comercial se logra disminuir costos de servicio y la contaminación del medio ambiente, además de aprovechar de mejor manera el tiempo

El desarrollo de este proyecto es importante para el desarrollo industrial de la provincia, de la región y del país; porque no solo que se atrae la comercialización del mercado interno sino que se logra abrir el mercado internacional al ofertar un pintado de vehículos livianos en la misma calidad que ofertan las casas importadoras de vehículos. Su impacto socio económico, será importante para el sector donde se realice este trabajo, pero lo más gratificante será el saber que la ESPE - L, ha generado nuevos profesionales con conocimientos vastos para movilizar la economía de los pueblos y ensalzar la investigación al servicio de los hombres, fraguados en el esfuerzo de un nuevo estilo de vida, y como respuesta a las necesidades del país.

CAPITULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1 CÁMARA DE PINTADO Y SECADO

La cámara de pintado y secado 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 (COVs), y desde el punto de vista de la prevención de riesgos laborales, ya que permite al pintor trabajar en unas condiciones controladas.

El aire captado del exterior, se hace pasar por un filtro para eliminar las principales impurezas, después puede ser calentado mediante la utilización de un intercambiador de calor que eleva su temperatura hasta el punto óptimo de aplicación, que es de unos 20-22 ° C. Antes de entrar a la cámara de secado se hace pasar a través de unos filtros o "plenum" que eliminan las partículas finas de polvo para evitar que la suciedad quede adherida a la película de pintura.

Las salidas de este aire se realizan por el suelo el que está constituido de una rejilla, filtrando el aire mediante los denominados "paint-stop", filtros que se encuentran debajo de las rejillas y que retienen los restos de la pintura en suspensión.

Tanto estos filtros como los del plenum, deben ser renovados después de un determinado número de horas de funcionamiento de la cámara, ya que estos con el pasar del uso se cargan de (COVs), dificultando la circulación del aire y creando una sobre presión excesiva que perjudica tanto al pintado (se crean turbulencias interiores) como al operario.

El aire dentro de la cámara circula desde arriba hacia abajo (Figura N°2.1), creando un flujo vertical y descendente que garantiza la adecuada renovación de aire del interior evitando que este se llene de contaminantes que perjudiquen el normal desempeño.

El caudal de aire en la aplicación de pintura para una cabina típica oscila entre 20.000 a 35.000 m³/h aproximadamente, con una velocidad media de aire de unos 0,4 m/s. El diseño de la cabina ha de asegurar que en esta circulación de aire no se produzcan turbulencias, para garantizar que los restos de pintura se dirijan directamente a la zona enrejillada del suelo.

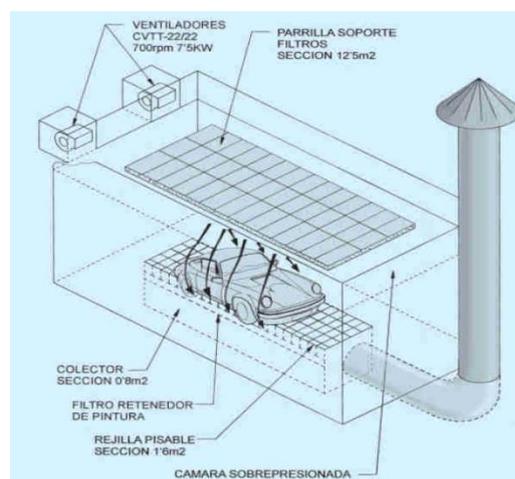


Figura N°2.1 Sentido del flujo de aire en el interior de la cabina

El volumen de aire introducido es algo superior al de aire extraído, de manera que se crea una ligera sobrepresión en la cabina que tiene como consecuencia una corriente de salida de aire desde la cabina hacia el exterior a través de las juntas, cierres, incluso al abrir la puerta, ya que si fuese en sentido inverso entraría aire sin filtrar con partículas de polvo y pintura de las operaciones adyacentes a la cabina de pintura.

La introducción y extracción de aire se puede realizar mediante uno o más grupos moto ventiladores, dependiendo de las dimensiones de la cabina. En el caso de dos moto ventiladores, uno es el encargado de la aspiración de aire y el otro de su impulsión, ejerciendo cada uno una función independiente.

Otra característica importante que debe poseer una cabina de pintado es un buen sistema de iluminación que proporcione la cantidad y calidad de luz necesaria para un buen desarrollo del trabajo de pintado.

Esta calidad de luz garantiza una buena reproducción cromática con un espectro de luz lo más semejante a los patrones de luz día, necesario para una buena percepción del color para la operación de ajuste, ya que la calidad de pintado de un coche depende en gran medida de un correcto ajuste del color de acabado.

En cuanto a la cantidad de luz, el flujo luminoso debe ser de alrededor de 1000 luxes (un lux es un flujo luminoso de 1 lúmen/m²), nunca inferior a 700 luxes. Una vez aplicada la pintura de acabado, esta se puede secar a la temperatura ambiente, 20° C aproximadamente, o acelerar el proceso

de secado elevando la temperatura a unos 60-80° C en una cabina de secado aparte o en la misma cabina en la que se ha aplicado la pintura. 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 60 y los 80° 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 22° 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 60-80° C.

En esta fase de secado, el aire aspirado del exterior antes de ser impulsado al "plenum" de distribución, es recirculado a través del intercambiador de calor en una proporción aproximada del 65% para un mayor aprovechamiento energético al igual que disminuyendo el consumo de combustible (Figura 2.2).

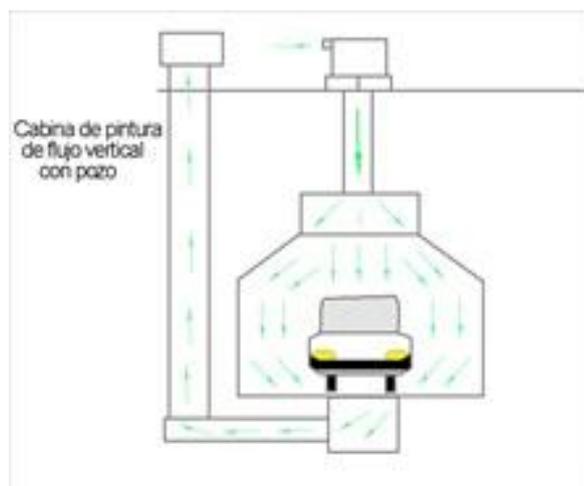


Figura N° 2.2 Funcionamiento en una cabina-horno de ventilación.

2.1.1 TIPOS DE CABINA-CÁMARA

Los distintos tipos de cabinas-cámaras hoy en día se reducen a las dimensiones del recinto, el número de filas de luces, así como la potencia y características del grupo impulsor, pero, en líneas generales, el escape es el siguiente: Por el sentido de la corriente de aire en el interior puede haber varios tipos de cabinas de pintura.

2.1.1.1 FLUJO VERTICAL

Se suelen definir a las cabinas cuya corriente de aire circula desde el techo hacia el suelo de la cabina, en sentido vertical, saliendo hacia el exterior a través de lugares dejados abiertos expresamente como se muestra en la (figura 2.3).

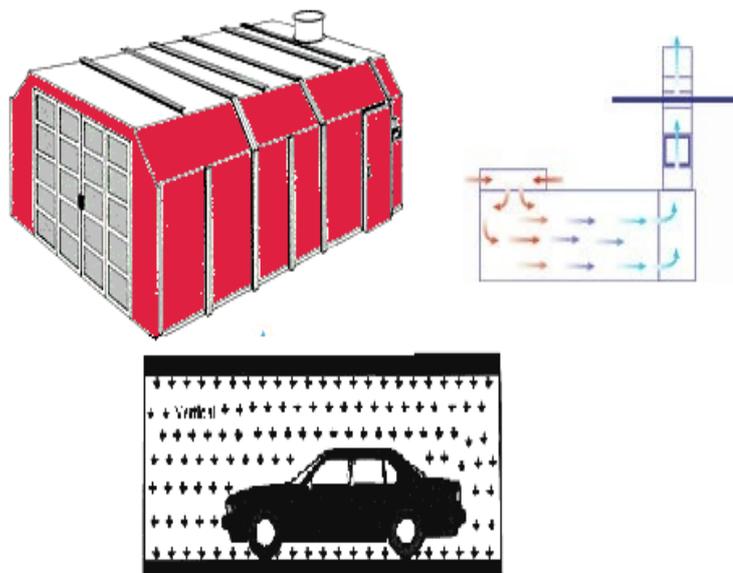


Figura N° 2.3 Cabina de pintura de flujo de aire vertical

21.1.2 FLUJO SEMIVERTICAL

Esta se caracteriza porque la corriente de aire baja desde un restringido techo filtrante, colocado en una extremidad en la instalación, y sale al exterior a través de adecuadas aberturas ubicadas estratégicamente en la zona inferior de la pared opuesta al techo filtrante.

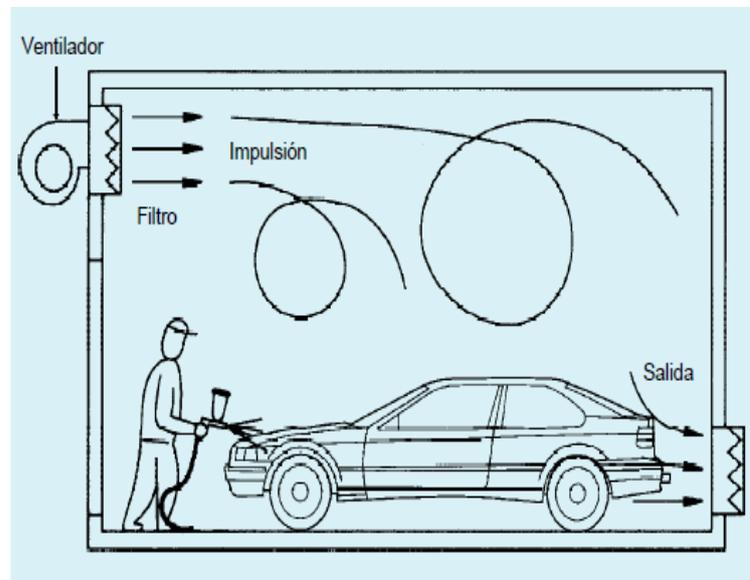


Figura N° 2.4 Cabina de pintura de flujo semivertical.

21.1.3 FLUJO HORIZONTAL

Es aquella cuya corriente de aire es horizontal al suelo, entrando el aire generalmente a través de marcos filtrantes, colocados en la estructura de las puertas, y saliendo a través de otros marcos también filtrantes ubicados estratégicamente en la pared opuesta. Cabe mencionar que las cabinas de flujo semivertical y horizontal se suelen utilizar para el pintado

de vehículos, fabricas, industriales o para zonas de preparación ya que todos los elementos expuestos a impurezas no se alejen.

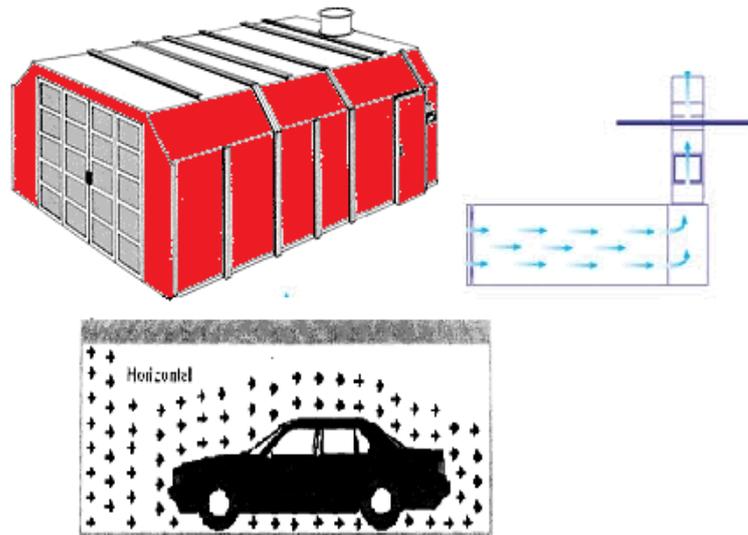


Figura N° 2.5 Cabina de pintura de flujo horizontal.

2.1.2 ESPACIO

Desde el punto de vista constructivo, se debe tener mucho cuidado del diseño, tanto de la fosa como la salida de gases al exterior, de forma que se asegure la ausencia de turbulencias y de sobrepresiones, la construcción de la cabina debe ser modular, pero sólida. Además, la cabina debe tener un acabado que garantice, e inalterada las características de funcionamiento a lo largo de su vida (10-15 años) ó 15.000-20.000 horas de trabajo.

- La superficie filtrante del plénum de impulsión debe abarcar la mayor parte posible del techo de la cabina y evitar el ingreso de aire no

filtrado o al menos el 80% del mismo.

- Superficies inertes mayores pueden provocar turbulencias perjudiciales.
- La superficie de salida del aire debe estar distribuida uniformemente por el suelo, normalmente mediante un foso central o dos canales longitudinales bajo el emparrillado metálico.
- La profundidad del foso o de los canales longitudinales favorece la verticalidad del flujo de aire. Se recomiendan profundidades de 0,4 m o mayor,
- La distancia del vehículo a las paredes de la cabina es de alrededor de 1m. y la del techo de la cabina a la zona alta del automóvil no es inferior a 1m.

2.1.2 SISTEMA IMPULSIÓN Y EXTRACCIÓN DE AIRE.

En función del sistema de impulsión y de extracción del aire, se encuentran las cabinas de pintura como:

2.1.2.1 TIPO GLOBO

Sistema de ingreso y salida de aire modelo globo es aquel que está conformado por un sólo un grupo de impulsión de aire el mismo realiza doble función de inyección y extracción de aire y está conformado por (un motor y un ventilador)

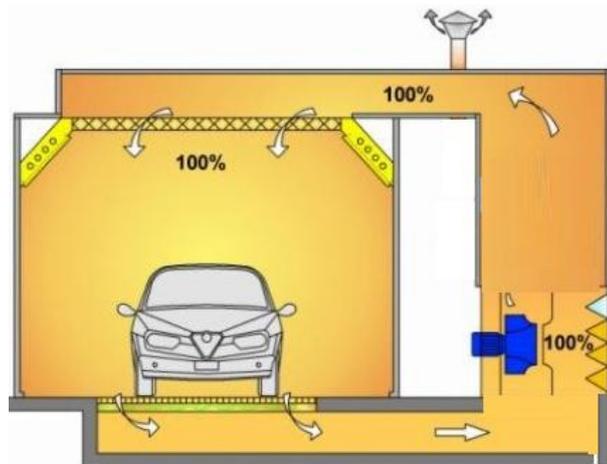


Figura N° 2.6 Cabina de pintura modelo globo.

2.1.2.2 TIPO EQUILIBRADO

Son aquellas las que cuentan, grupo impulsor y grupo extractor (dos motores y dos ventiladores).

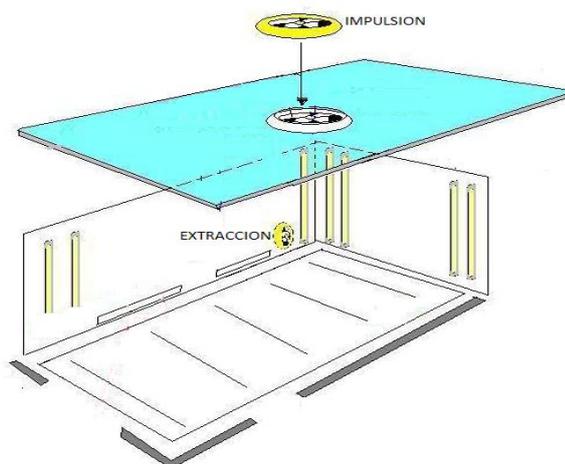


Figura N° 2.7 Cabina de pintura modelo "equilibrado"

2.1.3 DUCTOS DE TRANSFERENCIA

A los ductos de transferencia se les conoce como pasos de aire de un recinto a otro, por su interior circula una corriente que esta puede ser (liquida o gaseosa), en nuestro caso utilizaremos del tipo gaseosa, además los ductos son de dos tipos de entrada y salida.

2.1.3.1 DUCTOS DE ENTRADA

Los ductos de entrada son aquellos medios por los que se puede inyectar una corriente ya sea esta sólida, liquida o gaseosa y para nuestros requerimientos vamos a utilizar aire caliente (sustancia gaseosa) la cual va a permitir un cambio de temperatura en el recinto.

2.1.3.2 Ductos de Salida o Recirculación.

Los ductos de salida o recirculación son el medio por el cual recorre una corriente de aire que generalmente este se encuentra viciado, el cual de acuerdo a la aplicación que se le ha dado este será expulsado al ambiente o a un recinto donde será recirculado para ser utilizado nuevamente.

2.1.4 AISLANTE TÉRMICO Y ACÚSTICO

El aislante térmico es un material que ayuda a la retención del calor, ya que evita el paso de temperatura bien de adentro hacia fuera o visivera.

A la hora de fabricar la cabina de pintura es fundamental el empleo de buenos aislantes, térmicos y acústicos ya que el aislante debe ser de baja densidad y buena consistencia, a fin de garantizar un agrupamiento uniforme que evite el deslizamiento o deformación cuando este se encuentre instalado, tanto en los paneles que conforman el perímetro del recinto de pintura, como en los paneles que conforman el grupo impulsor, Otro factor importante a ser tomado en cuenta es el coeficiente de conductividad térmica, será pequeña para reducir la pérdida de calor y conservar la energía, reduciéndose de ésta manera los costos de operación.

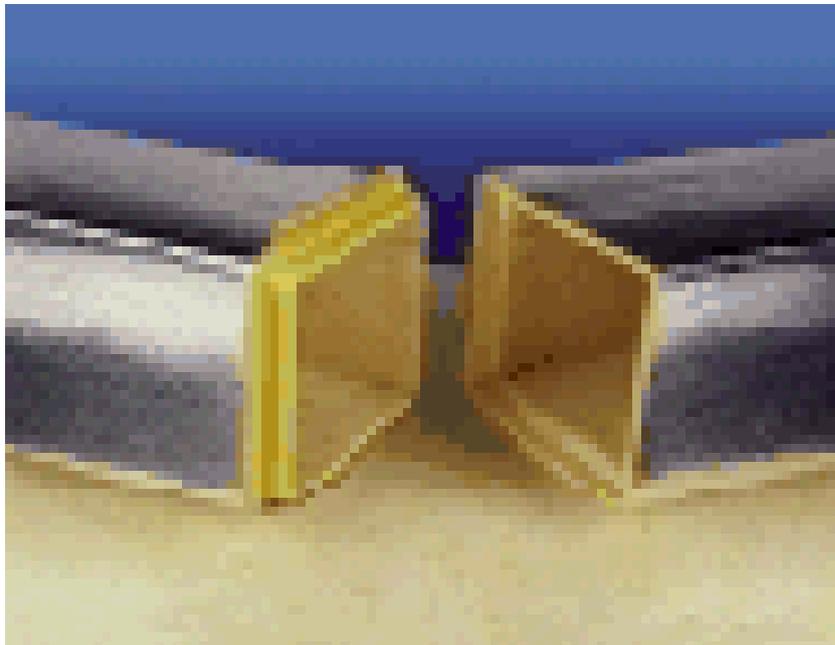


Figura N° 2.8 Aislante acústico de cabinas de pintura

Estos compuestos normalmente son: manta de vidrio, lana de roca, o espuma de poliuretano.

Para nuestra necesidad las paredes tienen como aislante térmico a la espuma de polurietano .El espesor del aislante es de 5cm.

El aislante va a depender del calor que se produzca dentro de la cámara de transferencia de calor. Esto quiere decir que si el calor es intenso, el espesor del aislante tendera ser mayor y si el calor es muy bajo el espesor del aislante será menor.

2.1.5 FILTROS

Es esencial que la filtración del aire se adapte a las necesidades específicas de nuestra cabina, ya que en la cantidad de polvo contenido en el aire es muy variable, por lo general se sitúa entre 0,1 y 10mg por m³. Este contenido de polvo varía según la región, el tiempo, el viento, la altura sobre el nivel del suelo, etc.

Por lo general, la forma de actuar de los filtros se debe a varios fenómenos que se complementan.

En primer lugar, es el choque de las partículas sobre las fibras del filtro lo que provoca su retención, pero ésta puede favorecerse por medio de un fenómeno electroestático.

La filtración de las partículas puede mejorarse notablemente, en ciertos filtros, impregnándoles de aceite.

Los filtros no actúan, como si se tratara de un tamiz, parando las películas de un diámetro superior a sus mallas, pues este principio conducirá a una obstrucción muy rápida y a una pérdida de carga muy alta.

Los filtros pueden retener partículas mucho más pequeñas que las dimensiones medidas de paso libre entre sus fibras, con frecuencia varios cientos de veces más pequeñas.

Dentro de la clasificación de los filtros la más importante la constituyen los filtros secos, por la diversidad de los materiales utilizados como:

Colchón textil, espuma de poliuretano, materiales textiles y fibras plásticas, filtro metálico, fibra de vidrio, Papel, downdraft,

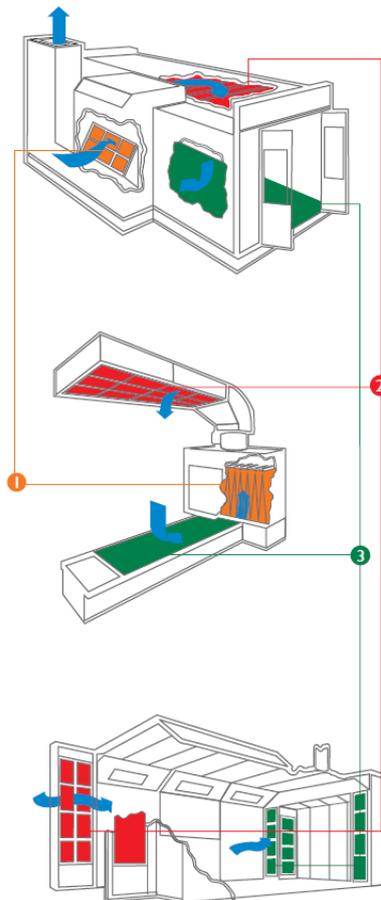


Figura N° 2.9 Filtros de cabina de pintura

2.1.5.1 PREFILTRO

Se encuentra a la entrada de la toma de aire del exterior. Está constituido por una o dos bolsas filtrantes de fibra acrílica no tejida; en él se efectúa el primer filtrado del aire que entra en la cabina.

Estos filtros poseen una capacidad de filtración media, teniendo una eficiencia filtrante comprendida entre el 60 a 70%, siendo su principal aplicación para la depuración de partículas ambientales.

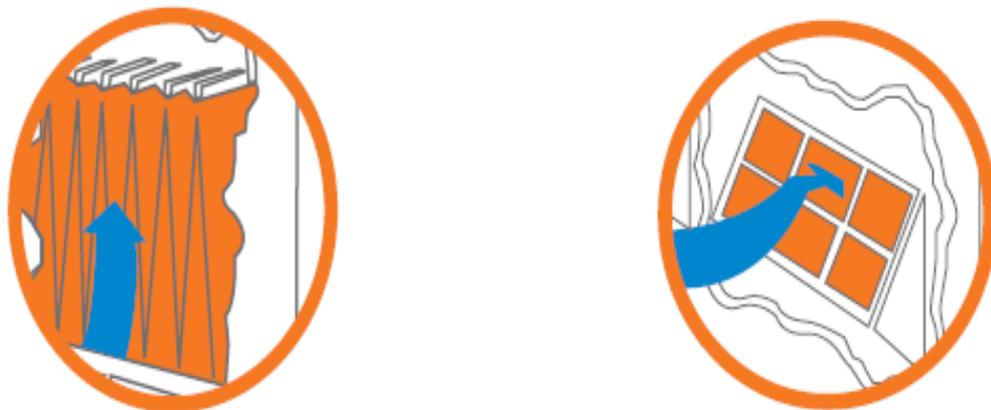


Figura N° 2.10 Pre filtros al corte de cabina de pintura

2.1.5.2 POST- FILTRO “PLENUN”

Los Filtros de entrada son tan importantes ya que de ellos depende principalmente la calidad de la pintura en su acabado final. Estos Filtros son la primera defensa en contra de las partículas de polvo que al caer sobre la superficie recién pintada no permiten un acabado perfecto. Cualquier partícula mayor de 10 micrones puede causar grandes defectos

en el acabado final de un vehículo. Está situado en el techo de la cabina y se fabrica de manta de fibra no tejida. Poseen una capacidad de filtración del 99%, depura el aire suministrado dentro de la cabina, evitando las partículas que flotan y dañan el acabado de la pintura. Una buena manta o un buen filtro del tipo panel no permiten que esto

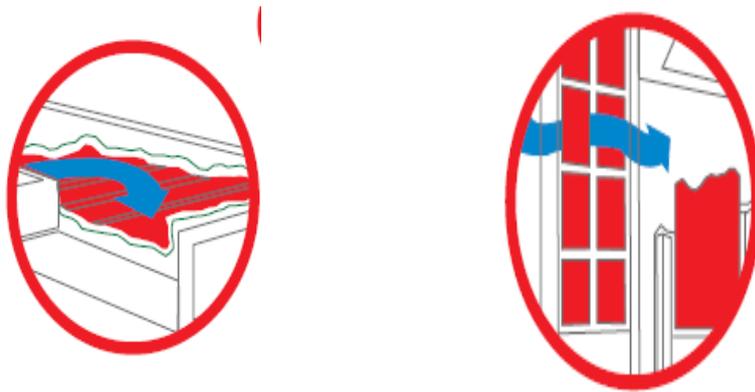


Figura N° 2.11 Rejilla de filtros en la parte superior de cabina

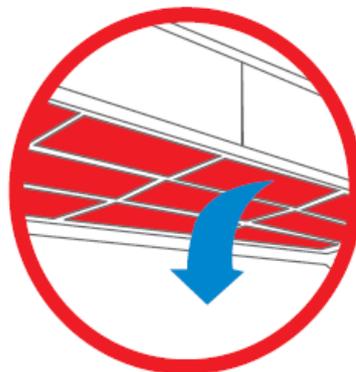


Figura N° 2.12 Filtro de Ingreso de aire por el plenum

2.1.5.3 FILTRO DE SUELO DEL HABITÁCULO "PAIN- STOP".

Los Filtros de salida, llamados Paint Arrestors constituyen un papel muy importante en el correcto mantenimiento y balance de su cabina, incrementando la eficiencia y reduciendo los costos de mantenimiento.

El propósito de estos filtros es capturar y retener el exceso de pintura o lo que llamamos "over-spray" y eliminarlo del sistema de filtración de la cabina.

Estos filtros protegen el medio ambiente, además de prolongar la vida útil de su cabina, sistema de ducteria, motores, etc. ya que atrapan y retienen los químicos y sólidos que vienen en la pintura antes de que salgan al exterior, su eficiencia de filtración oscila entre el 85 a 90%.

Este filtro está situado en el conducto de salida del aire hacia el exterior, también debe ser renovado cada cierto tiempo para que éste sea eficaz.

Hay varias calidades de estos filtros que se pueden suministrar tanto en rollos como en almohadillas o pads, su constitución es de fibra de vidrio de densidad y endurecimiento progresivo.

Actualmente, las cabinas cuentan con este tipo de filtración , además de los filtros mencionados, con un sistema de filtración de vapores orgánicos, constituido básicamente por un filtro carbón activo para retener los COV's "componentes volátiles orgánicos" ..

Entre las características que presentan todos los filtros está la resistencia a altas temperaturas, además de no ser inflamables una de las características fundamentales para que no exista niveles de peligro en incendios.

El filtrado en el piso es fundamental ya es donde se acumula la mayor cantidad de contaminantes estos sean residuos de pintura como desprendimiento de partículas de vehículo al momento que se encuentra en recirculación en modo operación.

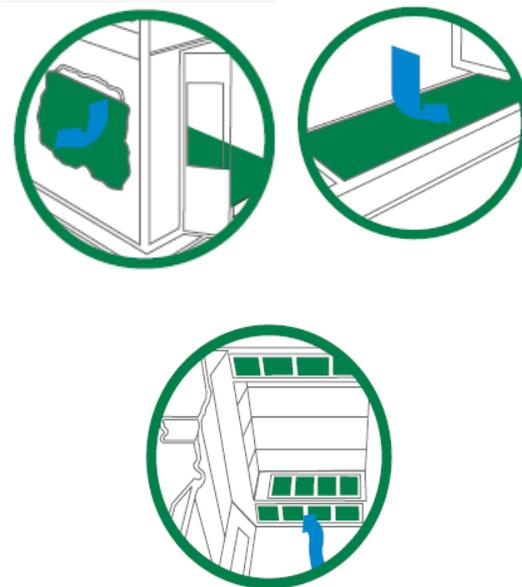


Figura N° 2.13 Filtros sujetos al piso cabina de pintura

2.1.6 SISTEMA PARA ALCANZAR LA TEMPERATURA DESEADA

En función del sistema utilizado para alcanzar la temperatura deseada en la fase de secado, se pueden distinguir cabinas con renovación total del aire reciclado, o con renovación parcial del aire interior de la cabina hay

que dejar bien claro que es precisa una renovación mínima del 20% del aire

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, en la actualidad, hay una tendencia encaminada al aumento de la productividad consistente en la utilización de arcos automáticos infrarrojos (figura 2.14), con lo que se logra una reducción de tiempos, sobre todo en el caso de piezas.

Teniendo en cuenta que cerca del 80% del trabajo de un taller son golpes sobre piezas que no requieren pintar todo el vehículo.

Estas son lámparas de gran luminosidad son de onda corta o de onda larga dependiendo de la aplicación a la cual se encuentren sometidas.



Figura N° 2.14 Cabina de lámparas infrarrojas

2.2 MECANISMOS DE CONDUCCIÓN DE CALOR

En el estudio termo mecánico los mecanismos para el presente estudio se parte de transferencia de calor, en física, es el proceso por el que se intercambia energía en forma de calor entre distintos cuerpos, o entre diferentes partes de un mismo cuerpo que están a distinta temperatura.

El calor se transfiere mediante convección, radiación o conducción. Aunque estos tres procesos pueden tener lugar simultáneamente, puede ocurrir que uno de los mecanismos predomine sobre los otros dos. Por ejemplo, el calor se transmite a través de la pared de una casa fundamentalmente por conducción, el agua de una cacerola situada sobre un quemador de gas se calienta en gran medida por convección, y la Tierra recibe calor del Sol casi exclusivamente por radiación.

2.2.1 CONDUCCIÓN

En los sólidos, la única forma de transferencia de calor es la conducción. Si se calienta un extremo de una varilla metálica, de forma que aumente su temperatura, el calor se transmite hasta el extremo más frío por conducción. No se comprende en su totalidad el mecanismo exacto de la conducción de calor en los sólidos, pero se cree que se debe, en parte, al movimiento de los electrones libres que transportan energía cuando existe una diferencia de temperatura.

Esta teoría explica por qué los buenos conductores eléctricos también tienden a ser buenos conductores del calor. La Ley de Fourier de conducción del calor afirma que la velocidad de conducción de calor a través de un cuerpo por unidad de sección transversal es proporcional al gradiente de temperatura que existe en el cuerpo (con el signo cambiado).

El factor de proporcionalidad se denomina conductividad térmica del material.

Los materiales como el oro, la plata o el cobre tienen conductividades térmicas elevadas y conducen bien el calor, mientras que materiales como el vidrio o el amianto tienen conductividades cientos e incluso miles de veces menores; conducen muy mal el calor, y se conocen como aislantes.

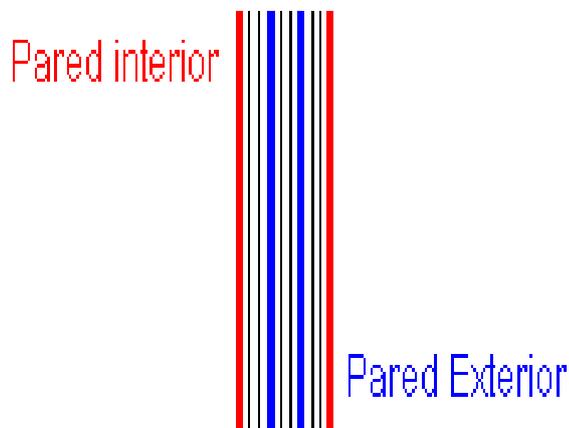


Figura N° 2.15 Paredes de conducción

2.2.1.1 TRANSFERENCIA DE CALOR POR CONDUCCIÓN

La conducción es el modo de transferencia térmica en el que el calor se mueve o viaja desde una capa de temperatura elevada a otra capa de

inferior temperatura debido al contacto directo de las moléculas del material. La relación existente entre la velocidad de transferencia térmica por conducción y la distribución de temperaturas en la pared depende de las características geométricas y las propiedades de los materiales que lo constituyen, obedeciendo la denominada la Ley de Fourier.

$$q = -k \times A \times \frac{\Delta T}{\Delta X}$$

De allí que:

K = Conductividad térmica del material es $\frac{W}{m^{\circ}C}$, A = Es el área de la pared transversal al flujo de calor, ΔT = Gradiente de temperatura $^{\circ}C$, ΔX = Espesor del material

Es importante resaltar que el flujo de calor se realiza en la dirección del gradiente es decir de la región de mayor de temperatura hacia la zona de baja temperatura de acuerdo con el 'presente esquema.

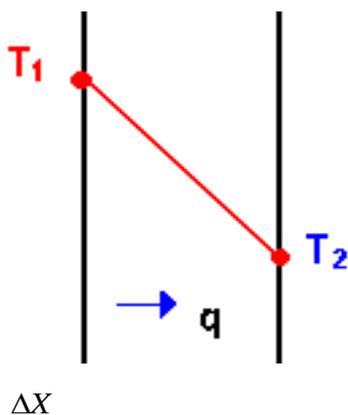


Figura N° 2.16 Gradiente de temperatura para flujo uniforme de calor

Cuando la pared se encuentra en equilibrio termodinámico resulta que el flujo de calor y la temperatura en cada punto del mismo permanece constante, y el proceso se denomina transmisión en régimen estacionario y el flujo de calor es función de la propiedad de los materiales denominada conductividad. Cuando no existe el anterior equilibrio, ya sea porque la pared no ha tenido tiempo para estabilizarse o debido a que las condiciones del entorno varían en el tiempo, el proceso se denomina transmisión en régimen transitorio, caracterizado porque la temperatura en cada punto del cerramiento varían en el tiempo. Una consecuencia de la variación de temperatura en el interior de la pared es la acumulación del calor, debido a la propiedad de los materiales de absorber o disipar energía cuando varía su temperatura denominada calor específico.

2.2.1.2 CONDUCCIÓN EN PAREDES COMPUESTAS

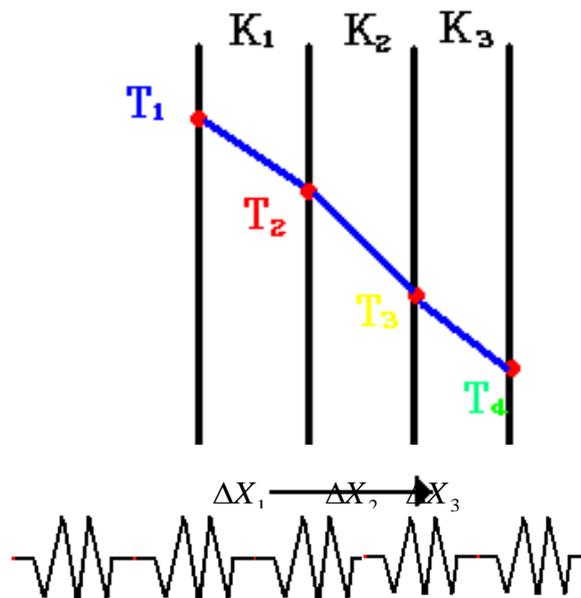


Figura N° 2.17 Transferencia de calor en paredes compuestas.^{R0}

De acuerdo con el esquema anterior la ecuación de conducción de calor para los puntos 1 y 4 se define por la siguiente expresión

$$Q = \frac{T_1 - T_2}{\sum_{i=1}^n \frac{\Delta x_i}{K_i A}} \quad \text{Ec:1}$$

Considerando que las paredes del horno tienen tres capas de materiales se tendría la expresión de calor de la siguiente manera.

$$Q = \frac{T_1 - T_2}{\frac{\Delta x_1}{K_1 A} + \frac{\Delta x_2}{K_2 A} + \frac{\Delta x_3}{K_3 A}} \quad \text{Ec: 2}$$

Dónde:

Δx_1 = Espesor de la plancha interior,

Δx_2 = Espesor plancha media

, Δx_3 = Espesor de la plancha exterior,

A = Área transversal constante m^2 ,

T_1 = Temperatura de pared exterior $^{\circ}\text{C}$,

T_2 = Temperatura de pared interior $^{\circ}\text{C}$.

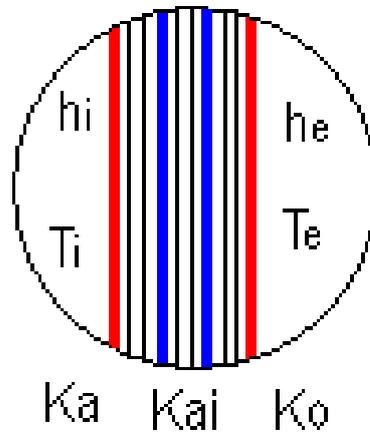


Figura N° 2.18 Paredes compuestas

2.2.2. CONVECCIÓN

Si existe una diferencia de temperatura en el interior de un líquido o un gas, es casi seguro que se producirá un movimiento del fluido. Este movimiento transfiere calor de una parte del fluido a otra por un proceso llamado convección.

El movimiento del fluido puede ser natural o forzado. Si se calienta un líquido o un gas, su densidad (masa por unidad de volumen) suele disminuir. Si el líquido o gas se encuentra en el campo gravitatorio, el fluido más caliente y menos denso asciende, mientras que el fluido más frío y más denso desciende. Este tipo de movimiento, debido exclusivamente a la no uniformidad de la temperatura del fluido, se denomina convección natural.

La convección forzada se logra sometiendo el fluido a un gradiente de presiones, con lo que se fuerza su movimiento de acuerdo a las leyes de la mecánica de fluidos. .

2.2.2.1 TRANSFERENCIA DE CALOR POR CONVECCIÓN

Cuando el aire de un ambiente se pone en contacto con la superficie de una pared a una temperatura distinta, el proceso resultante de intercambio de calor se denomina transmisión de calor por convección. Este proceso es una experiencia común, pero una descripción detallada del mecanismo es complicada dado que además de la conducción hay que considerar el movimiento del aire en zonas próximas a la superficie.

En el caso que la fuerza motriz que mueve el aire proceda exclusivamente de la diferencia de densidad en el aire que resulta del contacto con la superficie a diferente temperatura y que da lugar a fuerzas ascensionales se producirá el proceso de transmisión denominado convección libre o natural.

Cuando exista una fuerza motriz exterior, como el viento, que mueva al aire sobre una superficie a diferente temperatura se producirá una convección forzada, que debido al incremento de la velocidad del aire se transmitirá una mayor cantidad de calor que en la convección libre para una determinada diferencia de temperatura.

En el caso que se superpongan ambas fuerzas motrices, por ser de magnitudes semejantes, el proceso se denomina convección mixta. En cualquiera de los casos el fenómeno se puede evaluar mediante la Ley de Newton del enfriamiento.

$$Q = hA(T_2 - T_1) \quad \text{Ec:3}$$

Dónde:

h = Coeficiente de transferencia de calor $\frac{W}{m^2 C}$, A = Área de la pared, T_2 = Temperatura de la pared °C, T_1 = Temperatura alrededor de pared °C.

2.2.2.1.1. COEFICIENTE DE CONVECCIÓN INTERNO (h_i)

Para el cálculo del coeficiente de convección interno consideraremos el análisis para un flujo de calor constante, en el cual las propiedades del fluido son constantes a través del flujo.

Cuando hay una variación apreciable entre las condiciones de pared y de corriente libre, se recomienda que las propiedades del fluido se evalúen a la llamada temperatura de película (T_f), definida como la medida aritmética entre la temperatura de pared y la de corriente libre.

$$T_f = \frac{T_b + T_s}{2} \quad \text{Ec:4}$$

Dónde:

T_f = Temperatura de película, T_b = Temperatura media volumétrica, T_s = Temperatura superficial.

2.2.2.1.2 COEFICIENTE DE CONVECCIÓN EXTERNO (h_0)

Para determinar el coeficiente de convección externo se considera el principio de convección natural, el cual es el resultado del movimiento del fluido debido a cambios de densidad que proviene del proceso de calentamiento.

Para el cálculo del coeficiente de convección externo (h_0) y para obtener el calor total que se pierde en la pared lateral, piso, techo, pared posterior, ductos de transferencia, cámara de combustión, intercambiador de calor.

2.2.3 CONVECCIÓN Y CONDUCCIÓN

Los procesos de transmisión del calor por medio de la conducción, convección, junto con la eventual acumulación, se producen de forma simultánea y concurrente, de manera que en situaciones reales, e incluso en condiciones de laboratorio, es difícil discernir con exactitud la contribución de cada mecanismo en la transmisión de calor.

En la transmisión de calor por conducción a través de los cerramientos hay que considerar generalmente que éste está constituido por varias capas con propiedades físicas diferentes, debiéndose calcular su resistencia total como la suma de varias resistencias en serie, y que las temperaturas interiores resultantes en régimen estacionario tendrán un gradiente diferente en cada capa.

En el caso de existir zonas adyacentes con diferentes conductividades, tales como puentes térmicos, el coeficiente global de conductividad será la media ponderada de las conductividades en paralelo.

En el caso de conducción en régimen transitorio, se generarán sumideros y fuentes de calor por acumulación en función de la variación temporal de las temperaturas en cada punto de su interior.

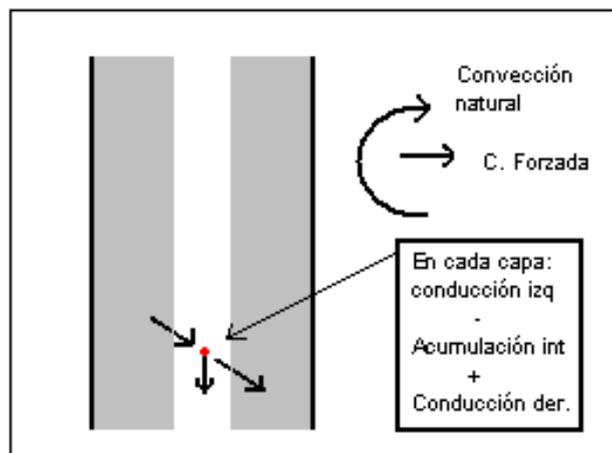


Figura N° 2.19 Convección y conducción de calor en cuerpos

Conducción en combinación con la convección. La conducción pura tiene lugar fundamentalmente en los sólidos opacos, en donde el movimiento de masa se encuentra impedido.

En el ámbito del presente estudio se puede aplicar plenamente la conducción pura al interior de los cerramientos, pero los principios que se desarrollarán pueden aplicarse asimismo a gases que tengan limitado el movimiento convectivo, como es el caso de los aislamientos en los cuales predomina el volumen ocupado por el gas, ya este se encuentra confinado por una estructura fibrosa o celular.

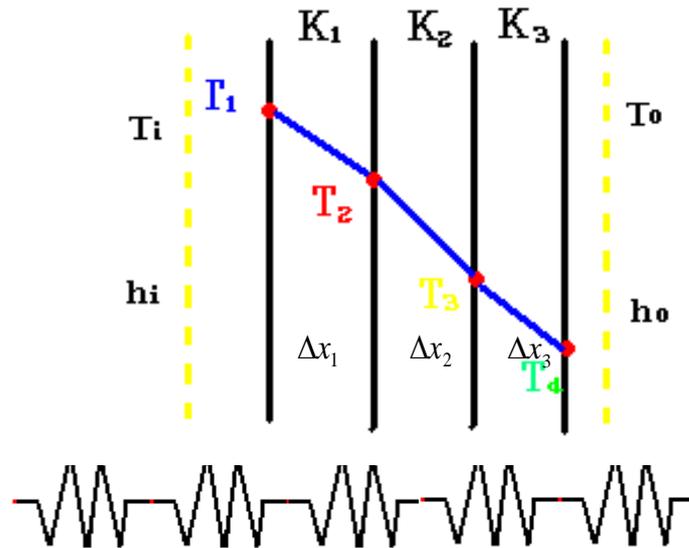


Figura N° 2.20: Análisis de transferencia de temperatura en pared

La ecuación que gobierna la conducción y convección de la siguiente manera.

$$Q = \frac{T_1 - T_\infty}{\frac{1}{h_i A} + \frac{\Delta x_1}{K_1 A} + \frac{\Delta x_2}{K_2 A} + \frac{\Delta x_3}{K_3 A} + \frac{1}{h_o A}}$$

Ec: 5

2.2.4 RADIACIÓN

Es la transferencia de calor, en forma de energía electromagnética, por el espacio. La radiación presenta una diferencia fundamental respecto a la conducción y la convección: las sustancias que intercambian calor no tienen que estar en contacto, sino que pueden estar separadas por un vacío. La radiación es un término que se aplica genéricamente a toda clase de fenómenos relacionados con ondas electromagnéticas. Algunos fenómenos de la radiación pueden describirse mediante la teoría de ondas, pero la única explicación general satisfactoria de la radiación electromagnética es la teoría cuántica. .

Las superficies opacas pueden absorber o reflejar la radiación incidente. Generalmente, las superficies mates y rugosas absorben más calor que las superficies brillantes y pulidas, y las superficies brillantes reflejan más energía radiante que las superficies mates. Además, las sustancias que absorben mucha radiación también son buenos emisores; las que reflejan mucha radiación y absorben poco son malos emisores.

Algunas sustancias, entre ellas muchos gases y el vidrio, son capaces de transmitir grandes cantidades de radiación.

Se observa experimentalmente que las propiedades de absorción, reflexión y transmisión de una sustancia dependen de la longitud de onda de la radiación incidente.

2.2.4.1 TRANSFERENCIA DE CALOR POR RADIACIÓN

La radiación es un mecanismo de transferencia de calor que se produce por el desplazamiento de energía térmica desde paredes incandescentes, la cantidad de calor que se disipa depende de la temperatura del cuerpo así como también del medio circundante.

El análisis de la radiación es muy importante cuando se trata de zonas donde se produce reacciones exotérmicas de combustión de gases cuyas temperaturas sobre pasan los 800°C.

El mecanismo de radiación se define de acuerdo con la siguiente expresión.

$$\dot{Q}_{12} = \sum_1 A_1 \cdot \mathcal{G} \cdot (T_1^2 + T_2^2) \cdot (T_1 + T_2) \cdot (T_1 - T_2)$$

$$\therefore \sum_1 A_1 \cdot \mathcal{G} \cdot (aT^3 m) (T_1 - T_2)$$

Para: $T_1 \approx T_2$, donde T_m es la media de T_1 y T_2 .

$$T_m = \frac{T_1 + T_2}{2} \quad \text{Ec: 6}$$

Este resultado puede expresarse de manera concisa como:

$$Q_{12} \approx A_1 h_r (T_1 - T_2) \quad \text{Ec:7}$$

Es el coeficiente de transferencia de calor por radiación

$$h_r = 4 \sum_1 \mathcal{G} T m^3 \left(\frac{W}{m^2 \cdot K} \right) \text{ a } 25^\circ\text{C (298}^\circ\text{K)}.$$

$$h_r = 4 \sum_1 \left(5,67 \times 10^{-8} \frac{W}{m^2 K} \right) (298^\circ K)$$

Entonces:

$$h_r \cong 6 \sum_{1z} \left(\frac{W}{m^2 K} \right) \quad \text{Ec:2.9}$$

Para el caso del horno la radiación estará presente en la cámara de combustión

2.2.5 INTERCAMBIADOR DE CALOR

Un intercambiador de calor es un aparato que transfiere energía térmica desde un fluido a alta temperatura hacia un fluido a baja temperatura con ambos fluidos moviéndose a través del aparato.

El rango de temperaturas, las bases de los fluidos (líquidos, gaseosos), la cantidad de energía térmica que se deberá transferir y la caída de presión permitida por los fluidos caliente y frío, determina la configuración del cambiador de calor para una aplicación dada. En la industria nos encontramos que la transferencia de calor está presente en todos los procesos, enfriar y calentar son operaciones vitales, y la industria automotriz no es la excepción.

Es necesario que los ingenieros automotrices adviertan que los principios de la transferencia de calor son importantes para diseñar, seleccionar o mantener equipos de intercambio de calor.

2.2.5.1 CONFIGURACIÓN DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR

A continuación en la (Figura 2.21) se detalla esquemáticamente el sistema del intercambiador de calor, de la misma forma se observa que el intercambiador está compuesto por:

1. Banco de tubos:
Constituye el elemento en el cual se encuentra distribuidos de

manera tal que permita la transferencia total de calor evitando pérdidas o escapes de temperatura.

2. **Cámara de combustión:**
Actúa como recolector de los gases calientes generados por el quemador y que debido a las altas temperaturas que se generan en su interior (350 °C máximo) es necesario colocar un aislante térmico compuesto de cemento refractario que además tiene disminuir en lo posible las pérdidas de calor hacia el exterior de la cámara de combustión además de aislantes térmicos.
3. **Campana extractora de gases:**
Conduce los gases calientes hacia el medio ambiente a través de una chimenea los mismos que son manipulados con cuidado debido a las altas temperaturas que están sometidas.
4. **Ductos de entrada y salida del aire limpio:**
Direcciona el aire a través del banco de tubos y a su vez sirve de acople entre el intercambiador de calor y el ventilador centrífugo.
5. **Chimenea de salida de los gases de la combustión.**
Esta ayuda a direccionar los gases combustionados además depende de la dirección y velocidad del viento.

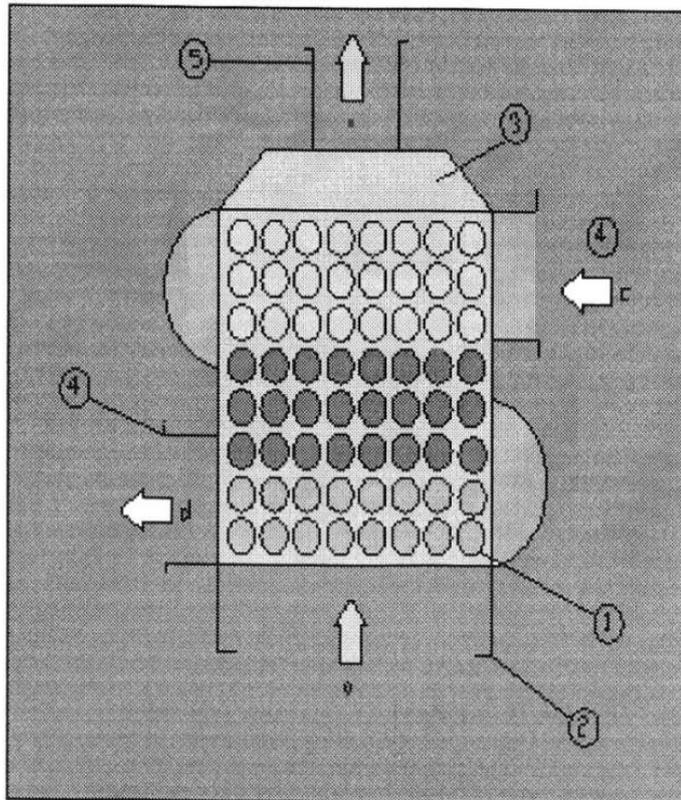


Figura N° 2.21 Configuración del intercambiador de calor.

2.2.5.2 FUNCIONAMIENTO DEL INTERCAMBIADOR

Su funcionamiento está basado en el intercambio de calor entre dos corrientes cruzadas de los dos fluidos gaseosos (aire limpio y gas de combustión). De acuerdo a la (figura 2.21) los gases de combustión que salen del quemador son conducidos a la entrada de la cámara de combustión por a, para que ingresen al intercambiador.

Dentro del intercambiador, los gases atraviesan por el interior de los tubos de acero comercial y salen refrigerados por b, recogidos por la campana de extracción y expulsados al exterior por la chimenea.

El aire frío producido por un ventilador centrífugo fluye por el exterior de los tubos y es recogido por el ducto de entrada del aire, ingresando al intercambiador por c, absorbe calor de los tubos y sale por d, a la cabina de pintura.

2.2.5.3 CONFORMACIÓN DEL BANCO DE TUBOS

Para iniciar el diseño del banco de tubos del intercambiador de calor se debe tomar algunas consideraciones

- Estructura del tubo que va a formar parte del banco, donde se va a seleccionar diámetro interior como exterior y grosor del tubo.
- Temperatura de ingreso de aire al intercambiador de calor.
- Temperatura de salida del intercambiador de calor hacia la cabina-horno.

2.2.5.4 CARACTERÍSTICAS DE LOS TUBOS Y SU MATERIAL

Al momento de diseñar es necesario especificar las dimensiones de la sección transversal de los tubos, nuestro intercambiador de calor se

diseñara con tubos de acero comercial (ÁISI 1020) celula 40 y sus dimensiones se muestran en la (figura N°2.23) con diámetro nominal de 1 pulg.

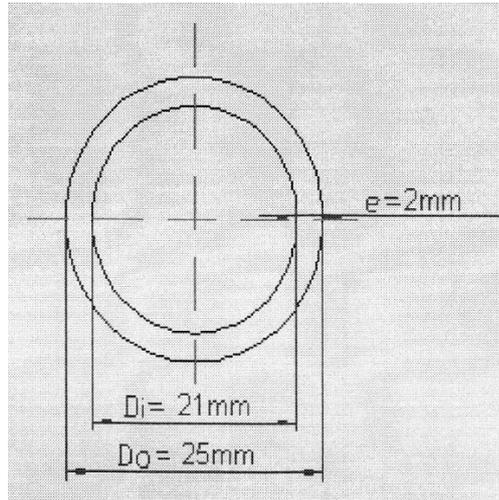


Figura N° 2.22 Configuración de la sección transversal de los tubos

Dónde:

ÁREAS DE TUBO DEL BANCO

Área exterior del tubo esta dado de la siguiente manera:

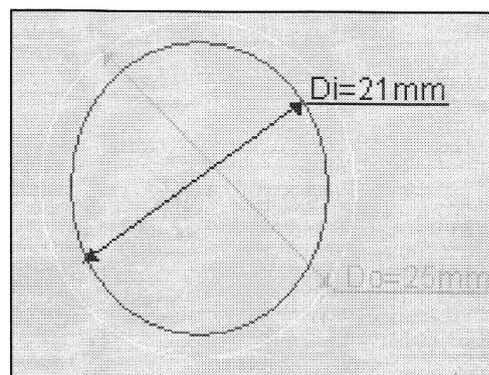


Figura N° 2.23 Diámetro interior y exterior del tubo

$$A_e = \frac{\pi \times D_o^2}{4}$$

Ec:9

De la misma manera se encuentra el área interior del tubo.

$$A_i = \frac{\pi \times D_i^2}{4}$$

Ec:10

2.2.5.5 ARREGLO DE TUBOS

La transferencia de calor en el flujo sobre haces de tubos depende principalmente del patrón de flujo y del grado de turbulencia, los que a su vez son funciones de la velocidad del flujo y del tamaño y disposición de los tubos. Los tubos pueden ser dispuestos en línea o alternados, pero experimentalmente se ha demostrado que un banco de tubos en forma alternada se consigue la mayor eficiencia, siendo de esta forma nuestro intercambiador de calor, observe la (grafica N° 24).

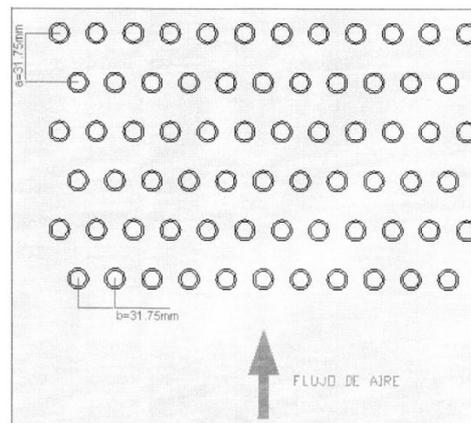


Figura N° 2.24 Arreglo de los tubos

Dónde:

a=Distancia entre centros de tubos en dirección normal al flujo,

b = Distancia entre centros de tubos en dirección paralela al flujo,

L = Longitud de los tubos

$$h_{ot_c} = \text{Coeficiente de convección exterior del tubo, } 93.198 \left[\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \right],$$

$$K_{AC_c} = \text{Coeficiente de conductividad térmica del acero} = 44.6 \frac{W}{M \cdot ^\circ C}$$

2.3 SISTEMAS DE COMBUSTIÓN

2.3.1 EL GAS

El gas natural es una mezcla de hidrocarburos ligeros compuesto principalmente de metano, etano, propano, butanos y pentanos. Otros componentes tales como el CO₂, el helio, el sulfuro de hidrógeno y el nitrógeno.

La composición del gas natural nunca es constante, sin embargo, se puede decir que su componente principal es el metano (como mínimo 90%). Posee una estructura de hidrocarburo simple, compuesto por un átomo de carbono y cuatro átomos de hidrógeno (CH₄).

El metano es altamente inflamable, se quema fácilmente y casi totalmente y emite muy poca contaminación.

Se separa aquellos gases que no tienen aporte energético (como el nitrógeno y CO₂). Luego, elementos como el propano, butano e hidrocarburos, también son apartados, ya que pueden provocar accidentes durante la incineración del gas natural.

2.3.1.1 PROPIEDADES DEL GAS

- Incoloro – Inodoro - Insípido - Más ligero que el aire

2.3.1.2 PROPIEDADES QUÍMICAS DEL GAS

- Al gas de uso doméstico e industrial se le agrega metil-mercaptano, para que sea fácil detectar una fuga e impedir su combustión espontánea que provoque accidentes.

- Se presenta en su forma gaseosa por debajo de los -161°C, a esta temperatura se congela.

- No es ni corrosivo ni tóxico, su temperatura de combustión es elevada y posee un estrecho intervalo de inflamabilidad.

- Su densidad de 0.60, inferior a la del aire (1,00).

- Cuando se evapora se quema solamente en concentraciones de 1% al 15% mezclado con el aire.

- Casi no contiene azufre y virtualmente no genera dióxidos de azufre (SO₂).

- Sus emisiones de óxidos de nitrógeno (No) son menores a las del petróleo y el carbón.

Las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) son inferiores a la de otros combustibles fósiles (Petroecuador emite 40 a 50% menos que el carbón y 25 a 30% menos que el petróleo).

2.3.2 EL AIRE

¹ "Es un fluido gaseoso que está en la atmósfera de la tierra, está formado por una mezcla de veintiún partes de oxígeno, setenta y ocho de nitrógeno y una de argón y otros gases (Ácido carbónico y vapor de agua en cantidades variables)".

2.3.2.1 PROPIEDADES FÍSICAS DEL AIRE

- Incoloro - Inodoro - Insípido.

2.3.2.2 PROPIEDADES QUÍMICAS DEL AIRE

- Reacciona con la temperatura condensándose en hielo a bajas temperaturas y produce corrientes de aire.
- Está compuesto por varios elementos entre ellos el oxígeno (O₂) y el dióxido de carbono elementos básicos para la vida.

2.3.2.2.1 VELOCIDAD DEL AIRE

| Fue | MPH | KPH | Mts/se | Descripción | En la tierra |
|-----|---------|---------|------------|-----------------------|--|
| 0 | <1 | <1 | 0-0.2 | Calmado | Calmado; el humo se levanta en una dirección vertical. |
| 1 | 1-3 | 1-5 | 0.3 -1.5 | Aire Ligero | El cambio de dirección del humo indica dirección del viento, las |
| 2 | 4 - 7 | 6-11 | 1.6 -33 | Brisa Ligera | Sientes el viento en tu cara, las hojas de mueven, las veletas se |
| 3 | 8 -12 | 12 -19 | 3.4 -5.4 | Viento ligero | Hojas y objetos pequeños se mueven, banderas pequeñas se |
| 4 | 13 - 18 | 20 -29 | 5.5- 7.9 | Viento moderado | Hojas y papeles se levantan, las banderas se mueven con el viento, |
| 5 | 19 - 24 | 30 -38 | 8.0 - 11.2 | Viento fresco | Árboles pequeños se empiezan a |
| 6 | 25 - 31 | 39 -50 | 10 - 13 | Viento fuerte | Ramas grandes se mueven, se |
| 7 | 32- 37 | 51- 61 | 13.9- 17 | -Casi | Árboles completos se mueven, |
| 8 | 39- 46 | 62- 74 | 17- 20.7 | -Ventarrón | Whole trees in motion; resistance felt in walking against wind (opain) |
| 9 | 47- 54 | 75- 86 | 20.8- 24 | -Ventarrón muy fuerte | Daños pequeños a estructuras, los quierres vuelan de los techos |
| 10 | 55- 63 | 87- 101 | 24- 28.4 | -Tormenta | Árboles se rompen y se salen del piso, daño estructural considerable |

¹TablaN°2.1 Velocidad del viento

¹www. Monografias.com/aire

2.4 ASPECTOS GENERALES

2.4.1 CONTROL DE LA ATMOSFERA DEL HORNO

Por razones de diseño debe evitarse el ingreso no controlado de aire frío al interior del horno de calentamiento de metales. Para esto se mantiene un ligero exceso de presión en los hornos a través de los cuales circulan productos de la combustión y también en los hornos llenos de una atmósfera protectora.

A la temperatura del horno, el oxígeno ataca los metales comunes y forma óxido o cascarilla.

El monóxido de carbono y el hidrógeno reducen los óxidos del metal.

De acuerdo con esto los términos atmósfera oxidante y atmósfera reductora, (refiriéndose ambos los productos de la combustión) se crearon y se adoptaron hace años. Entre estas dos atmósferas existe una intermedia que se supone es una atmósfera neutral.

2.4.1.1 ASPECTOS MEDIOAMBIENTALES

Los talleres de pintura generan en el desarrollo de su actividad una serie de residuos que por sus constituyentes y características pueden estar clasificados como "residuos peligrosos", estos residuos pueden ser muy perjudiciales para la salud humana y del medio ambiente, por lo cual la cabina de pintura deberá contar con un sistema de filtros que logra recolectar todas las partículas de la pulverización de la pintura.

² MEDIDAS DE SEGURIDAD

Las lesiones que se producen los operarios de los hornos tienen diferentes causas entre las más importantes tenemos:

a) Explosiones y llamas

² Ballesteros Seguridad Industrial Tomo1

- b) Descargas eléctricas
- c) Envenenamiento
- d) Caída o deslizamiento de pesos

2.4.2 ³PINTURA

Las peculiaridades del pintado en reparación limitan el número de materiales de pintado que se pueden emplear en los talleres de carrocerías. Así, cuando las pinturas en polvo que en aplicaciones industriales presentan las ventajas de que no contienen disolventes y permiten eficacias de aplicación incluso superiores al 95%, no pueden ser empleadas en el pintado de reparaciones por que los vehículos ya montados poseen piezas (plásticos, tapicerías, grupos electrónicos) que no resisten la temperatura de polimerizado que exigen este tipo de pinturas. Adicionalmente , y aunque se están experimentando grandes avances en este campo las pinturas en polvo también tienen limitada su utilización en la reparación de carrocerías debido al limitado numero de tonalidades disponible y a su baja versatilidad para realizar cambios de color. Las pinturas que se emplean en los talleres de carrocerías son pinturas liquidas que se componen fundamentalmente de una resina polimérica como aglutinante y de una mezcla de disolventes. A ello hay que añadir pigmentos, plastificantes, agentes reticulantes, agentes conservantes y otros aditivos con funciones específicas.

2.4.2.1 TIPOS DE PINTURAS

Debido al endurecimiento que tiene lugar durante la polimerización o secado de cada pintura se clasifican en;1k y 2k.

³ ACSIN Edición 2010

PINTURA 1K

Se forma la película por secado físico, es decir, por evaporación de los disolventes. Este tipo de pinturas tienen desventajas.

Las desventajas de las pinturas 1k con disolventes y de secado físico, han acabado por imponerse en el pintado de reparación

PINTURA 2K.

Contienen en un componente todos los ingredientes necesarios para la formación de la película.. Los ingredientes de la pintura se hallan disueltos en disolventes orgánicos, estas se encuentra integradas por dos componentes la resina y el endurecedor.

La resina de los sistemas de 2k de poliuretano-acrilato contiene un poliacrilato con grupos hidroxilos, así como disolventes orgánicos. El endurecedor contiene un polisocianato. Al mezclar la resina con el endurecedor formando poliuretano.

La capa de pintura tarda en secar de 4 a 5 horas en endurecer a temperatura ambiente. Aumentando la temperatura o agregando aceleradores disminuye el tiempo de secado.

2.4.2.2 CARACTERÍSTICAS DE LA PINTURA.

Para llevar a cabo el proceso de pintura, los talleres especializados cuentan con modernos sistemas de mezcla de pintura, los cuales permiten preparar e igualar colores con un grado de aproximación del 90por ciento al original. El técnico calcula el diez por ciento restantes de acuerdo con la edad del vehículo y con la degradación que causan los rayos ultravioletas y otros agentes externos.

Así mismo realiza pruebas en probetas y tiene en cuenta la viscosidad de la pintura, la presión de aire, la temperatura ambiente y la humedad, para lograr la igualación del color.

2.4.2.3 PROPIEDADES DE LA PINTURA.

La película de pintura que cubre la carrocería del vehículo debe cumplir, básicamente, dos funciones: una estética y otra protectora.

Esta segunda propiedad está avalada por la composición de los productos utilizados y por los sistemas de aplicación y secado. Algunas de las propiedades de la pintura de los automóviles se manifiestan tan pronto como se ha secado completamente la superficie; otras se pueden establecer cuando dicha capa está aún húmeda.

DENSIDAD.

0.9 Kgr/1. a 20°C

PUNTO INFLAMACION

<21°C(DIN 51755)

COLOR

La pintura es un producto pigmentado que, al aplicarse sobre un sustrato, forma una película opaca con propiedades protectoras y estéticas.

El problema surge por las circunstancias cambiantes de las personas para expresar con datos objetivos lo que ven y observan. Por eso, para especificar los colores y las tolerancias en su variación, se emplean espectrofotómetros, equipos basados en fórmulas matemáticas, que incorporan programas informáticos con las coordenadas de los colores y los tintes básicos que los forman.

La lectura de un color, el equipo no sólo indica su gráfica, sino también su formulación para que pueda ser elaborado de forma fiable.

BRILLO

Es la propiedad óptica de una superficie de reflejar la luz espectacularmente. Una superficie con acabado brillante puede indicar la buena formación de la película de pintura.

Una de las pruebas que se realizan sobre el brillo consiste en comparar visualmente una superficie pintada con una muestra tipo, observando la reflexión del rayo luminoso y la formación de la imagen en la superficie. Valor.

OPACIDAD

La opacidad o poder cubriente es la propiedad de una pintura de ocultar uniformemente las diferencias de color de un fondo. Se consigue totalmente cuando la película de pintura (recién aplicada o seca) no deja pasar la luz a través de ella.

Los ensayos de opacidad se realizan sobre cartulinas de contraste (blanco-negro) normalizadas, con el fin de observar y establecer durante la aplicación el momento en el cual la relación de contraste es nula (momento de opacidad).

ESPESOR

Cada tipo de pintura, dependiendo de su naturaleza, proporciona un espesor concreto de película, tanto en húmedo como en seco. Por esto, es necesario cumplir las especificaciones técnicas facilitadas por los fabricantes de pintura, en cuanto a dilución, viscosidad, número de manos de aplicación, etc.

Por lo general, si la capa es superior a la recomendada aumenta el consumo y el riesgo de defectos en el proceso de secado. Por el contrario, si la capa de pintura es inferior, se corre el riesgo de que el poder cubriente y el brillo no sean satisfactorios.

En ambos casos, afecta a la flexibilidad y a la dureza. Los micrómetros se utilizan para comprobar el espesor de la película de pintura seca. Existen varios tipos de estos medidores, pero los más utilizados son los magnéticos y los electrónicos.

DUREZA

Es una película se determina por su resistencia ante acciones mecánicas, como penetraciones o rayados. Existen distintos equipos e instrumentos para determinar la resistencia al rayado superficial del esmalte, barniz, etc. Los más extendidos son:

Durómetro: Consiste en una varilla que termina en una bola de 0,75 mm de diámetro, que es empujada sobre la superficie a ensayar por un

resorte, con mecanismo de regulación de presión. La norma exige que el desplazamiento del instrumento se realice durante un segundo, en una longitud de 10 mm.

Durómetro de lápices: Este ensayo se realiza con un juego de lápices, cuya dureza varía desde el más blando (6B) hasta el más duro (6H). Comenzando por los más duros, se deslizan sobre la película con un peso definido. La penetración de la punta, de una determinada dureza, define la resistencia de rayado película.

ADHERENCIA.

Es la fuerza de enlace existente entre una película seca y el sustrato sobre el que se encuentra aplicada. El método más común para determinar el grado de adherencia es el ensayo de corte enrejado. Consiste en realizar, sobre la superficie seca, dos cortes cruzados y perpendiculares, con un útil que incorpora una cuchilla especial con seis filos. Se forma así un enrejado de 25 cuadros. Posteriormente, se cepilla la cuadrícula y se observa si se han producido desconchados en los ángulos. El ensayo se puede hacer aún más riguroso, recubriendo la cuadrícula con una cinta autoadhesiva y después desprendiéndola con un movimiento rápido. Dependiendo del comportamiento de los cortes, se establece una clasificación entre 0 y 4. El "0" se asigna a cortes perfectos, sin ningún desprendimiento y el "4" a desprendimientos de película superiores al 35% del área cuadrículada.

FLEXIBILIDAD

La flexibilidad es la aptitud de una película seca para adaptarse a las deformaciones de un sustrato, sin sufrir fisuras, cuarteamientos o desprendimientos.

El ensayo de resistencia, que se realiza con un impactómetro, es un método que determina la aptitud de los recubrimientos o deformaciones mecánicas producidas por un golpe. El instrumento se forma con una base metálica horizontal, que mantiene la probeta y un cilindro vertical hueco, dentro del cual un peso puede deslizarse hacia arriba y hacia abajo. La prueba consiste en la caída libre, desde una altura especificada, de un peso provisto de un cabezal esférico, al que se le adaptan unas puntas, de diámetro y masa variable, que inciden sobre la superficie a ensayar.

Las pruebas de impacto directo se realizan sobre la cara pintada de la probeta e indican la flexibilidad y la adherencia.

Las pruebas por la cara posterior (impacto indirecto) muestran la capacidad del recubrimiento para estirarse alrededor de la abolladura producida por el impacto del peso sobre el panel. Cuando el ensayo se realiza con bases y puntas de diferentes diámetros y se varía la altura de la masa de impacto, se puede establecer el resultado en un diagrama de ejes de coordenadas. El eje de abscisas corresponde a las bases y a las puntas y el eje de ordenadas corresponde a las distintas alturas de impacto. La gráfica delimitará la zona de elasticidad y la de rotura del recubrimiento ensayado.

VENTAJAS DE LA PINTURA

- La rapidez de secado.
- La variedad de colores que se pueden obtener de este tipo de pintura, ya que en comparación con la pintura en polvo solo podemos obtener colores determinados en el mercado.

2.4.2.3 ELEMENTOS PARA PINTAR

MASILLA

Son productos de buen poder de relleno, para corregir pequeños defectos, grietas e imperfecciones poco profundas, de superficie metálicas y fibra de vidrio, en el proceso de repintado de vehículos, las masillas se caracterizan por:

- Buen poder de relleno.
- Facilidad de aplicación.
- Rápido secamiento.
- Fácil de lijar.
- Resistente al cuarteamiento.
- Buena adherencia.
- Alta durabilidad.

Para conseguir el repintado que exige el dueño del vehículo, es necesario que cada uno de los productos utilizados sea de excelente calidad y se aplique correctamente.

FONDO

Las bases sirven para promover y mejorar la adherencia de las pinturas de acabado, proteger los metales contra la corrosión y obtener excelente acabado y su selección debe estar acorde con el sistema a utilizar. Las bases se aplican sobre:

- Lámina de acero libre de óxido y contaminantes.
- Láminas de aluminio, hojalata, galvanizados en frío y antimonio previamente acondicionadas.
- Láminas metálicas resanadas con masillas poliéster (lijada).
- Láminas metálicas resanadas con masillas corrientes (lijada).
- Fibras de vidrio o plástico con resanes o sin ellos.
- Pinturas antiguas en buen estado que sean compatibles con la base que se va aplicar, lijadas previamente.

PASTAS PULIDORAS

Se utilizan para pulir, desmanchar, brillar y eliminar pequeñas imperfecciones en los acabados, como grumos, rayas superficiales y

fogueos en lacas y esmaltes horneables. Las pastas pulidoras son de varias calidades y características como:

- Uniformes y sin grumos.
- Fáciles para aplicar.
- Pulen y desmanchan sin rayar.
- No desgastan excesivamente la pintura.
- Los residuos se retiran con facilidad.

2.4.2.4 ⁴NORMAS 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 quedar a un operario que pase por primera vez a pintar en una cabina son:

EN LA FASE DE PREPARACIÓN

- Limpiar cuidadosamente pistolas que se utilizan para el proceso de pintado.

⁴ Manual de pintura

- No realizar actividades de dentro de la cabina.
- Instalar un grupo regulador de presión, manómetro, separador de condensación y un filtro para el aire comprimido.
- 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.
- Vaciar el tanque de combustible y los circuitos de alimentación. Acto seguido desmontar el tanque de combustible del vehículo y no entrarlo en la cabina.
- Si pinta un vehículo que haya tenido reparaciones anteriores y pintadas hay que recalentarlo previamente por un lapso de 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.
- Es indispensable que los neumáticos del automóvil sean rebajados en su presión de inflado para evitar deformaciones en ellos durante la cocción.
- Verificar que tanto el cristal del parabrisas como la luna trasera no estén rajados o arañados para evitar que durante la fase de secado se formen burbujas en el extracto de plástico interpuesto entre los dos cristales laminados. .

EN LA FASE DE PINTADO

- No olvidar en ningún momento poner el cierre de la cabina en la posición "pintado" para evita la irrupción de otra persona en la

cabina durante el proceso de pulverizado.

- Poner en marcha el ventilador y esperar algunos minutos para que se eliminen posibles residuos de trabajos anteriores.
- Asegurarse bien de que el vehículo que se va a pintar haya sido limpiado en la totalidad de sus partes así como en todas las zonas en que no se han de pintar hayan sido debidamente protegidos con papeles. A continuación introducir el vehículo en la cabina
- Controlar que el índice del termómetro esté en la temperatura deseada para proceder al pintado, de 22° C y por lo tanto el conmutador del quemador en posición de-pintado.
- 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 estufado,

EN LA FASE DE ESTUFADO

- Dejar el cierre en la posición "pintado"
- Regular el medidor de tiempo en la fracción de tiempo necesaria para lograr alcanzar la temperatura de secado de 60° C en aproximadamente 30 minutos.
- Colocar el conmutador del quemador en la posición de secado.

- Por medio de este procedimiento la temperatura de la plancha del vehículo va ascendiendo lentamente, la que facilita a la pintura su capacidad para extenderse lo mejor posible y que la evaporación superficial no sea demasiado rápido.
- Una señal acústica señalará el momento en que se alcanzado las temperaturas de secado.

EN LA FASE DE SECADO

- Colocar el cierre en la posición "secado".
- Controlar que el índice de termómetro 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 y tomar en consideración el tinte del color si este es claro tardara más y si es oscuro el tiempo de secado será menor así evitando el cambio de color de pieza a pieza pintada.
- Alcanzada la temperatura disponer el medidor de tiempo colocando, por medio de su conmutador, el tiempo en minutos necesario en que se ha de mantener la determinada temperatura.
- Cuando el tiempo de cocción termina un avisador acústico señalará esta instancia. Apagar el conmutador llevándolo hasta la posición de apagado.

EN LA FASE DE ENFRIADO

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:

- Colocar el cierre en la posición "pintado".
- Controlar que el conmutador del intercambiador de calor se encuentre en la posición "apagado".

CAPÍTULO 3

DISEÑO TÉRMICO

En este capítulo se definirán todas las características de los sistemas y aparatos del horno y se implementaran nuevos modelos de sistemas para el mejoramiento de la eficiencia del proceso.

La selección de los métodos, teorías e información estará de acuerdo a los criterios y conocimientos alcanzados durante la carrera de ingeniería. Los parámetros y puntos críticos se tomara al momento que sean necesarios para realizar cálculos que estén directamente relacionados con estos datos. Mientras que los diagnósticos servirán para comparar y luego determinar si se puede utilizar los sistemas o aparatos del horno

Realizar el diseño termodinámico, en el área en la cual se está realizando el proyecto no se garantiza por las condiciones atmosféricas en las que se encuentra , existen factores como la altura sobre el nivel del mar, la densidad del aire, la presión atmosférica, la humedad relativa que influyen en algunos quemadores, ventiladores, motores disminuyendo su eficiencia.

3.1.- PARÁMETROS Y CONSIDERACIONES DE DISEÑO

Para el diseño del intercambiador de calor se determina varios parámetros funcionales, en base a las características principales del aparato a proyectarse; esto es, realizando un análisis de las condiciones de trabajo, necesidades y requerimientos, teniendo como parámetros principales los siguientes:

3.1.1.-TEMPERATURA DEL AIRE ATMOSFÉRICO

La temperatura atmosférica del lugar en donde se va a construir la cabina-horno es fundamental para el diseño, ya que de este dependerá el resto de cálculos del diseño, para lo cual se ha realizado varias tomas de datos tanto en la noche como en el día, con la ayuda de un pirómetro.

| N° Tomas | Noche | Mañana |
|----------|--------|--------|
| 1 | 12°C | 21°C |
| 2 | 11°C | 15°C |
| 3 | 11.5°C | 17°C |
| 4 | 13°C | 19°C |

Tabla N°3.1 Tabulación de temperaturas en el área del proyecto.

Después de revisar la tabla y realizar la suma promedio esta es de 15°C la temperatura.

3.1.2.- TEMPERATURA EN EL INTERIOR DE LA CABINA

La temperatura requerida en el interior de la cabina-horno es de 70°C, ya que esta temperatura es la óptima para que tenga un curado de alta calidad la pintura, es necesario indicar que esta temperatura debe permanecer constante (días soleados, nublados y lluviosos) en el periodo de funcionamiento de la cabina-horno.

3.1.3.- MEDIDAS DE LA CABINA-HORNO

Las dimensiones de la cabina-horno se han basado en la necesidad de la empresa a la cual está determinada y el mercado al cual va a operar y el volumen estimado a pintar.

Altura.- corresponde a la medida del piso al techo interno de la cabina para el diseño se considera que los vehículos estándares del mercado ecuatoriano son 1.70m de altura en el momento de pintar los techos del vehículo se considera 1m de espacio libre para el movimiento de pistola y técnico y 0.30m para que exista despliegue de silueta de aire de ingreso, teniendo en cuenta estos parámetros se establece la altura de 3m.

Ancho.- Corresponde a la medida entre las paredes internas de la cabina de igual manera que para altura se considera de acuerdo a los vehículos que existen en nuestro medio el ancho es de 1.8m y realizando el análisis, al momento de pintar el vehículo esta con las puertas abiertas es decir 1m por cada lado con una tolerancia de 0.10 m a cada lado respectivamente el ancho de la cabina es de 4m

Profundidad.- Corresponde a largo de la cabina de acuerdo a los vehículos comerciales que la longitud es de 5m se considera 1m a cada lado por movilización del técnico de tal manera la longitud o profundidad es de 7m

3.1.4.-EFICIENCIA DEL INTERCAMBIADOR

La efectividad del intercambiador como el cociente entre el calor transferido en realidad (calculando ya sea la energía perdida por el fluido caliente o la energía absorbida por el fluido caliente) y la máxima cantidad de calor que se puede transferir (es decir si uno de los fluidos sufriera un cambio de temperatura igual a la diferencia máxima de temperaturas presentes en el intercambiador). En nuestro caso utilizaremos una efectividad del 50%.

- Características de los tubos y su material.
- Arreglo de los tubos.

3.2 BALANCE ENERGÉTICO

3.2.1 CALOR REQUERIDO PARA CALENTAR LA MASA DE AIRE.

| ρ | C_p | Temp.inicial | Temp...final | ΔT .Temp....promedio |
|------------------|-----------------------------|--------------|--------------|------------------------------|
| $\frac{kg}{m^3}$ | $\frac{kcal}{kg.^{\circ}C}$ | $^{\circ}C$ | $^{\circ}C$ | $^{\circ}C$ |
| 1.0882 | 1.008 | 15 | 60 | 45 |

Tabla N°3.2 Propiedades termo físicas del acero

Masa de aire. $m_a = 13.82kg$

$$m_a = \rho \times V_c \quad \text{Ec. 3.1}$$

Volumen de la cabina. $V_c = 84m^3$

$$V_c = l_c \times a_c \times h_c \quad \text{Ec.}$$

3.2

Largo cabina $l_c = 7m$

Ancho cabina $a_c = 4m$

Altura cabina $h_c = 3m$

Tiempo de secado $t_p = 45m$

$$Q_a = m_a \times C_p \times \Delta T \times t_p \quad \text{Ec. 3.3}$$

$$Q_a = 89,62W$$

3.2.2 CALOR REQUERIDO PARA CALENTAR EL AUTO

| ρ | C_p | Temp.inicial | Temp...final | Temp....promedio |
|------------------|-----------------------------|--------------|--------------|------------------|
| $\frac{kg}{m^3}$ | $\frac{kcal}{kg.^{\circ}C}$ | $^{\circ}C$ | $^{\circ}C$ | $^{\circ}C$ |
| 7854 | 0.434 | 15 | 60 | 45 |

Tabla N°3.3 Propiedades físicas del acero.

Superficie del auto $S_a = 28.8m^2$

$$S_a = 0.75[2 \times (l_v \times a_v) + 2 \times (l_v \times h_v) + 2 \times (a_v \times h_v)] \quad \text{Ec. 3.4}$$

Largo vehículo $l_v = 4.8m$

Ancho vehículo $a_v = 1.60m$

Altura vehículo $h_v = 1.80m^2$

Volumen auto $V_v = 0.0576m^2$

Volumen auto $E_v = 0.002m$

$$V_a = S_a \times e_c$$

Masa carrocería $m_v = 504.70Kg$

$$m_v = \rho \times V_v$$

Masa carrocería final $m_{vf} = 656.11kg$

$$m_{vf} = m_c \times F_c$$

Ec. 3.5

Se deberá tomar un factor de corrección que considere componentes como - - Motor,

-Asientos, etc.

$$Q_{av} = m_{vf} \times C_p \times \Delta T \times t_p$$

$$Q_{av} = 6079.54W$$

3.3 DISEÑO DE LA CÁMARA DE SECADO

Dentro del diseño de la cámara debemos tomar en cuenta que existen dos tipos de calor que son:

- Calor Útil: Es el calor necesario para calentar y llegar a la temperatura deseada para la fase de pintado y curado.
- Calor Perdido: Es el calor que se pierde hacia el exterior por el efecto de conducción.

3.3.1 CONDUCCIÓN DEL CALOR HACIA EL PISO DEL HORNO

Dónde:

Temperatura mayor $T_{op} = 35^{\circ}C$

Temperatura menor $T_{ip} = 15^{\circ}C$

Profundidad del suelo. $y = 0.40m$

| T | ρ | C_p | u | ν | k | α | P_r |
|-------------|------------------|-----------------------------|--------------------|-------------------|-------------------------|----------------------------------|-------|
| $^{\circ}C$ | $\frac{kg}{m^3}$ | $\frac{kcal}{kg.^{\circ}C}$ | $\frac{kg}{m.seg}$ | $\frac{m^2}{seg}$ | $\frac{W}{m.^{\circ}C}$ | $\frac{m^2}{seg} \times 10^{-6}$ | |
| 20 | 2100 | 0.210 | 1.881E-05 | 1.533E-05 | 1.4 | 0.75 | 0.711 |

Tabla N°3.4 Propiedades físicas del aire a 20°C

Dónde:

q_0 = Calor que se transfiere hacia superficie del piso

$$q_0 = \frac{K_h (T_{op} - T_{ip})}{(\sqrt{\pi \alpha t})^2} \quad \text{Ec. 3.6}$$

Dónde:

Conductividad térmica del aire $K = 1.4 \frac{kcal}{kg^{\circ}C}$

Temperatura de superficie del piso $T_o = 35^{\circ}C$

Temperatura de interna del hormigón $T_i = 15$

Difusibilidad térmica, $\alpha = 0.75 \times 10^5 \frac{m^2}{seg}$

Tiempo, $t = 1h$

$$q_0 = 1.163 \times 10^{-10} W$$

Cuando $y=0$

q_0 = Calor del piso

y Altura de la capa del hormigón

$$\alpha = \frac{K}{\rho \cdot Cp}$$

Dónde:

$$\alpha = 7.792 \times 10^{-7} \frac{m^2}{seg}$$

$$A_p = x_{lp} \cdot y_{lp}$$

Dónde:

$$A_p = 28(m^2) \text{ Área del piso}$$

$$x_{lp} = 7(m^2) \text{ Longitud del piso x}$$

$$y_{lp} = 4(m^2) \text{ Longitud piso y}$$

Cuando $y = 0$

q_s = Flujo de calor por unidad de área

$$q_s = \frac{K_h (T_{sp} - T_{ip})}{\sqrt{\pi \alpha t}} \cdot A_p$$

$$q_s = 1.253 \times 10^4 W$$

3.3.2 TRANSFERENCIA DE CALOR POR LAS PAREDES

Temperatura de película T_f

$$T_f = \frac{T_{ip} - T_{op}}{2}$$

T_{ip} Temperatura de la cara interna de la pared,

T_{op} Temperatura de la cara externa de la pared.

$$T_{bp} = 45^\circ C$$

Propiedades físicas del aire a temperatura de película determinada

| T | ρ | C_p | u | ν | k | α | P_r |
|------------|------------------|--------------------------------|--------------------------|-------------------|------------------------------|----------------------------------|-------|
| $^\circ C$ | $\frac{kg}{m^3}$ | $\frac{kl}{kg \cdot ^\circ C}$ | $\frac{kg}{m \cdot seg}$ | $\frac{m^2}{seg}$ | $\frac{W}{m \cdot ^\circ C}$ | $\frac{m^2}{seg} \times 10^{-6}$ | |
| 45 | 7801 | 473 | 1.851E-05 | 1.333E-05 | 4,66 | 0.030 | 0.69 |

Tabla N°3.5 Propiedades físicas del aire a 45°C

NUMERO DE RAYLEIGH

$$R_e = \frac{V \times D_h}{\gamma}$$

Ec. 3.7

Dónde:

Diámetro hidráulico de la pared $D_h = 2m^2$

Velocidad del fluido $V = 2.5 \frac{m}{seg^2}$

Viscosidad cinemática $\gamma = 20.30 \times 10^{-6}$

$$D_h = 4 \frac{A}{P_m} \quad \text{Ec. 3.8}$$

Longitud pared en x $L_x = 7m$

Longitud pared en y $L_y = 3m$

Área pared. $A = 21m^2$

Perímetro mojado $p_m = 42m^2$

Para un ducto rectangular el radio hidráulico es.

$$R_h = \frac{A}{p_m} \quad \text{Ec. 3.9}$$

$$R_{ep} = 2.41 \times 10^5 m$$

Condición: $2.41 \times 10^5 m = R_{ep} < R_{ecr} = 2000$ Flujo

Turbulento

Flujo Turbulento

Numero de Nursselt

Para pared de temperatura ctc μ_s y μ_b son igual a 1

$$N_{UDH} = 0,23 \times Re^{0,8} \times Pr^{\frac{1}{3}} \times \left(\frac{\mu_s}{\mu_b} \right)^{0,14} \quad \mathbf{Ec. 3.10}$$

Dónde:

Numero de Rayleigh $Re = 2.42 \times 10^5 m$

Numero de Prandt, $Pr = 0.69$

Viscosidad dinámica Kg/mseg. a T_b μ_s

Viscosidad dinámica Kg/mseg. a T_s . μ_s

$N_{UDH} = 1,102 \times 10^3 m$

Coefficiente de Convección Interno (h_i)

$$h_i = \frac{Nu_{DH} \times K}{D_h} \quad \mathbf{Ec. 3.11}$$

$$h_i = 7.58 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

Coefficiente de Convección Externo (h_0)

$$h_0 = 5.7 + 3.8v_0 \quad \mathbf{Ec. 3.12}$$

$h_0 = 15,45$

Coefficiente Global de Transferencia

⁵ Pitts pag 170 Transferencia de Calor

$$U_p = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{e_1}{K_1} + \frac{e_2}{K_2} + \frac{e_3}{K_3} + \frac{1}{h_0}} \quad \text{Ec. 3.13}$$

Dónde:

Espesor de plancha acero $e_1 = 0.0012m$

Espesor de plancha acero $e_2 = 0.05m$

Espesor de plancha acero $e_3 = 0.0012m$

Coefficiente de conductividad acero $K_1 = 44.6 \frac{W}{m^{\circ}K}$

Coefficiente de conductividad acero $K_2 = 0.049 \frac{W}{m^{\circ}K}$

Coefficiente de conductividad acero $K_3 = 44.6 \frac{W}{m^{\circ}K}$

$$U_p = 0,864 \frac{W}{m^{\circ}C}$$

3.3.2.1 CALOR PERDIDO EN PAREDES

$$Q_p = U_p \times A \times T_f \quad \text{Ec. 3.14}$$

$$A = A_{lx} + A_{ly}$$

$$A_{ly} = 24m^2$$

$$A_{lx} = 42m^2$$

$$A = 66m^2$$

$$Q_p = 2798.4W$$

Calor perdido por las placas e incluyendo plenum.

$$Q_{ap} = \rho \times C_p \times (A_{TC} \times e_1) T_f \quad \text{Ec. 3.15}$$

$$A_{TC} = A + A_{ple}$$

Dónde:

$$\text{Área total de cabina} \quad A_{TC} = 93.75m^2$$

$$\text{Área del plenum} \quad A_{ple} = 27.75m^2$$

En una hora de trabajo

$$Q_{ap} = 6203.9W$$

3.3.3 ANÁLISIS DE TRANSFERENCIA DE CALOR PARA LA CUBIERTA

$$T_f = \frac{T_s + T_\infty}{2}$$

De allí que:

Temperatura media de película T_f ,

Temperatura de pared T_s ,

Temperatura infinita T_∞

| T | ρ | C_p | u | ν | k | α | P_r |
|-------------|------------------|------------------------------|--------------------|-------------------|-------------------------|----------------------------------|-------|
| $^{\circ}C$ | $\frac{kg}{m^3}$ | $\frac{kcall}{kg.^{\circ}C}$ | $\frac{kg}{m.seg}$ | $\frac{m^2}{seg}$ | $\frac{W}{m.^{\circ}C}$ | $\frac{m^2}{seg} \times 10^{-6}$ | |
| 55 | 2135 | 725 | 1.901E-05 | 1.563E-05 | 3,96 | 0.206 | 0.71 |

Tabla N°3.6 Propiedades físicas del aire a 55°C

Numero de Rayleigh

$$R_{al} = gl \times \frac{(T_s - T_{\infty})}{\gamma^2} lc^3 \times P_r$$

Ec. 3.16

De allí que:

Gravedad $g = 9.8 \frac{m}{seg}$,

Coefficiente de expansión volumétrica $\beta = 0.00349$

Longitud característica de la configuración geométrica $l_c = 3m$

Numero de Prando $P_r = 0.71$

Viscosidad cinemática $\gamma = 1.449 \times 10^{-5}$

$$R_{al} = 1.932 \times 10^4 m$$

Numero de Nurselt

$$Nu = \frac{\frac{f}{8} \times R_e \times P_r}{1.07 + 12.7 \times \left[\left(\frac{f}{8} \right)^{\frac{1}{2}} \times \left(P_r^{\frac{2}{3}} \right)^{-1} \right]}$$

Ec. 3.17

$$0.5 \leq P_r \leq 200 \quad 1E4 \leq R_e \leq 5E6$$

Factor de fricc

$$f = 0.316 \times R_e^{-\frac{1}{4}} \quad \text{Si..} R_e \leq 2.04 \times 10^4$$

$$f = 0.0275$$

$$Nu = 46.05$$

Coefficiente convección interno (h_i)

$$h_i = \frac{Nu \times k}{D_e}$$

$$h_i = 0.873 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

Coefficiente de convección externo

$$h_e = \frac{Nu \times k}{L}$$

$$h_e = 0.548 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

Calor transferido

$$Q = h_e \times A(T_0 + T_e)$$

$$Q = 230.67W$$

3.4 DISEÑO DE LA CÁMARA DE COMBUSTIÓN

Temperatura media volumétrica $T_b = 340^\circ C$

Temperatura fílmica $T_f = 300^\circ C$

Área total superficie $A_t = 1.28m^2$

Longitud en x de la cámara de combustión $x_{CC} = 0.60m^2$

Longitud en y de la cámara de combustión $y_{CC} = 0.40m^2$

Perímetro $P = 3.2m$

Área de la camara de combustión $A_{CC} = 0.24m^2$

Longitud en x de la cámara de combustión $x_{CC} = 0.60m^2$

Longitud en y de la cámara de combustión $y_{CC} = 0.40m^2$

Perímetro mojado $P_{cc} = 2m^2$

$$P_{cc} = 2x_{CC} + 2y_{CC}$$

Ec. 3.18

$$A_{CC} = x_{CC} \times y_{CC}$$

$$T_b = \frac{T_0 - T_i}{2} \quad T_f = \frac{T_b - T_s}{2}$$

Numero de Prando $p_r = 0.69$ a 340°C

Constante de flank $K = 0.0447$ a 340°C

Viscosidad Cinemática $\gamma = 29.74 \times 10^{-6} \frac{m^2}{seg}$ a 340°C

Diámetro hidráulico $D_h = 0.48m^2$

$$D_{hcc} = 4 \frac{A_{cc}}{P_{mcc}}$$

$$D_{hcc} = 0.48m^2$$

Numero Nursself

$$N_{UDH} = 0,23 \times Re^{0,8} \times Pr^{\frac{1}{3}} \times \left(\frac{\mu_s}{\mu_b} \right)^{0,14}$$

$$N_{UDH} = 253.604$$

Coeficiente de calor por convección (h_i)

$$h_i = \frac{N_u \times k}{D_h}$$

Numero Rayleigh

$$R_{ecc} = \frac{V_{cc} \times D_{hcc}}{\gamma_{cc}}$$

$$R_{ecc} = 1.29 \times 10^5$$

Numero de Nurselt

$$u_s = 29.74 \times 10^{-6} \frac{kg}{mseg}$$

$$u_b = 26.33 \times 10^{-6} \frac{kg}{mseg}$$

$$N_{UDH} = 0,23 \times Re^{0,8} \times Pr^{\frac{1}{3}} \times \left(\frac{\mu_s}{\mu_b} \right)^{0,14}$$

$$N_{UDH} = 175.05$$

Coeficiente de calor en el exterior (h_i)

$$h_{icc} = \frac{N_{UDH} \times K}{D_h}$$

$$h_{icc} = 4.903 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

Coeficiente de calor hacia el exterior (h_o)

$$h_{occ} = 5.7 + 3 \cdot v_0$$

$$h_o = 11.8 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

Coeficiente global de transferencia

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_{icc}} + \frac{e_1}{K_1} + \frac{e_2}{K_2} + \frac{e_3}{K_3} + \frac{1}{h_{occ}}}$$

| e_1 | e_2 | e_3 | K_1 | K_1 | K_1 |
|-------|-------|-------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| 0.25m | 0.02m | 0.01m | $44.96 \frac{W}{m^{\circ}C}$ | $0.049 \frac{W}{m^{\circ}C}$ | $44.96 \frac{W}{m^{\circ}C}$ |

Tabla N° 3.7 Espesor y coeficiente de conductividad de los elementos

$$U = 0.467 \frac{W}{m^{\circ}C}$$

CALOR PERDIDO EN LA CÁMARA DE COMBUSTIÓN

$$Q = U \times A \times (T_b - T_i)_t$$

$$Q = 194.72W$$

3.4.1 DISEÑO DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR

FLUJO DE AIRE Y GASES DE COMBUSTIÓN

$$\dot{V}_{ic} = \frac{V_c}{(h/NR)3600}$$

Ec. 3.19

Dónde:

Caudal de aire en m^3/s $\dot{V}_{ic} = 1060m^3/seg$

Volumen de la cámara pintura $V_C = 84m^2$

$$V_C = L_C \times A_C \times H_C$$

Largo $L_C = 7m$,

Altura $A_C = 3m$

Ancho $H_C = 4$

$$h / NR = 0.0222 \frac{h}{NR}$$

$$\dot{V}_{IC} = 1.060m^3 / s$$

Flujo Másico \dot{m}_{IC}

$$\dot{m}_{IC} = V_{IC} \times \delta$$

Ec. 3.20

\dot{m}_{IC} = Flujo másico

\dot{V}_{IC} = Caudal de aire $1.060 m^3 / s$,

δ = Densidad del aire $0.099 Kg/m^3$

$$\dot{m}_{IC} = 0.1049kg / s$$

3.4.2 CONFORMACIÓN DEL BANCO DE TUBOS

$D_0 = 0,25m$ Diámetro exterior del tubo,

D_1 = Diámetro interior,

e = Espesor del tubo.

Propiedades físicas del material

| | | | |
|-----------|---|------------------------------|-------------------------|
| S_{yTB} | $\alpha_{TB} =$ _____ | $E_{TB} =$ _____ | $K_{TB} =$ _____ |
| $Kpsi$ | $\left(\frac{1}{^{\circ}C}\right)$ _____ | psi _____ | $W/m^{\circ}C$ _____ |
| 43 | 11.7E-6 _____ | 30×10^{-6} _____ | 52 _____ |

Tabla N°3.8 Propiedades físicas del material a43°C

Área exterior del tubo

$$A_e = \frac{\pi \times D_0^2}{4}$$

$$A_e = 4.155 \times 10^{-4} \text{ mm}^2$$

Área interior del tubo

$$A_i = \frac{\pi \times D_i^2}{4}$$

$$A_i = 3.464 \times 10^{-4} \text{ mm}^2$$

| | | |
|-----------------------|--|-------|
| TEMPERATURAS ASUMIDAS | | |
| T_l | Temperatura de ingreso del Intercambiador de Calor | 130°C |

| | | |
|-------|---|------|
| T_0 | Temperatura de salida del Intercambiador de Calor | 15°C |
|-------|---|------|

Tabla N°3.9 Temperaturas asumidas

$$T_{bt} = \frac{T_{it} + T_{ot}}{2}$$

$$T_{bt} = 72.5^\circ C$$

Temperatura media de película.

$$T_{mpt} = 280^\circ C$$

Temperatura fílmica

Temperatura media de película de los tubos T_{mpt}

Temperatura media volumétrica del T_{bt}

$$T_{ft} = \frac{T_{mpt} + T_{bt}}{2}$$

$$T_{ft} = 176.25^\circ C$$

De acuerdo a este valor de la T_{ft} equivalente a 450°K se tomara varios parámetros termofísicos como son:

$$\delta = 0.7945$$

$$\bar{\nu} = 4.9 \times 10^{-3}$$

$$C_p = 1013 \frac{J}{Kg^\circ K}$$

Flujo másico del aire en el interior de tubos

$$\delta = \frac{\bar{m}}{v}$$

$$\bar{m} = 3.893 \times 10^{-3} \frac{Kg}{seg}$$

Calor necesario para alcanzar la temperatura deseada para el funcionamiento de la cabina-horno.

$$Q_m = \bar{m} \times C_p \times \Delta T$$

$$Q_m = 453.51W$$

De igual forma se debe encontrar el calor perdido en el interior del tubo por efecto de conducción y convección de calor, para tal cálculo se toma el número de Nurselt

$$U \text{ de } 10 \text{ a } 30 \frac{W}{m^2^\circ C}$$

Del cual se deduce la siguiente expresión:

$$Q_m = U \times A_{TIC} \times (T_I - T_0)$$

Longitud característica del tubo $L_{CT} = 3m$

$$A_{TIC} = \pi \times D_0 \times L_{CT}$$

$$A_{TIC} = 0.239m^2$$

$$Q_{pt} = 549.71W$$

ARREGLO DE TUBOS

a = Distancia entre centros de tubos en dirección normal al flujo,

b = Distancia entre centros de tubos en dirección paralela al flujo,

L = Longitud de los tubos = 0.74m

Calculo de Reynolds

Velocidad del aire en el ducto de entrada v_α

$$v_\alpha = 2 \frac{m}{seg}$$

$$v_{max} = \frac{v_\alpha \times a}{a - D_i}$$

$$v_{max} = 6.791 \frac{m}{seg}$$

Número de Reynolds Máximo

$$\text{Re}_{\max} = \frac{v_{\max} \times D_i}{\gamma_f}$$

Ec. 3.21

$$\gamma_f = 31.4 \times 10^{-6} \frac{m^2}{seg}$$

$$\text{Re}_{\max} = 4.85 \times 10^3$$

Calculo del coeficiente de convección

En función de las propiedades del fluido, de las características del mismo y de la sección transversal de los tubos

$$h_{ot} = \frac{C_1 (\text{Re}_{\max})^n}{D_i}$$

Ec. 3.22

⁶Los coeficientes C_1 y n

$$\frac{a}{D_0} = 1.25 \times 10^{-3}$$

$$\frac{b}{D_0} = 1.25 \times 10^{-3}$$

$${}^7C_1 = 0.518$$

$$n = 0.556$$

$$h_{ot} = 93.198 \frac{W}{m^{\circ}C}$$

Número de Nusselt.

$$N_U = \frac{h_i \times D_i}{K_r}$$

$$N_U = 4.36$$

Coefficiente de convección interno de la sección transversal de los tubos

$$h_{ot} = \frac{K_r \times N_U}{D_i}$$

$$h_{ot} = 7.007$$

Calculo del coeficiente global de transferencia de calor

$$U = \frac{q}{A \times \Delta T_m}$$

Dónde:

⁷ Pills Transferencia de Calor

$U =$ Coeficiente total de transferencia de calor $\left[\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \right]$

$q =$ Transferencia total de calor a través del banco de tubos W

$A =$ Área de transferencia de calor en contacto con el fluido m^2

$\Delta T_m =$ Diferencia de temperatura media logarítmica $^\circ C$.

Este coeficiente combinado de transferencia de calor (U), cuando la diferencia de temperatura entre el aire interior y exterior es $1^\circ C$

$$U = \frac{1}{A \sum R_i}$$

$$U = \frac{1}{\frac{r_0}{r_i \times h_{it}} + \frac{r_0}{K_{AC}} \times \ln \left[\frac{r_0}{r_i} \right] + \frac{1}{h_{ote}}}$$

Dónde:

$r_0 =$ Radio exterior de los tubos = 0.0125 m,

$r_i =$ Radio interior de los tubos = 0.0105m,

$$h_{it} = \text{Coeficiente de convección interior del tubo, } 7.007 \left[\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \right].$$

$$h_{otc} = \text{Coeficiente de convección exterior del tubo, } 93.198 \left[\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \right],$$

$$K_{ACc} = \text{Coeficiente de conductividad térmica del acero} = 44.6 \frac{W}{M \cdot ^\circ C}$$

$$U = 5.794 \left[\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \right]$$

Se encuentra dentro de los límites de 5 a 50 con lo cual se comprueba que el cálculo está correcto.

Calculo de la energía térmica necesaria

$$Q = U \times A \times \Delta T$$

Dónde:

$$U = \text{Coeficiente global de transferencia de calor} = 5.794 \left[\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \right],$$

A = Contacto con el fluido frío (aire).

$$A = \pi \times D_0 \times L_t$$

Dónde:

$$D_0 = \text{Diámetro exterior de los tubo} = 0.025\text{m} ,$$

$$L_t = \text{Longitud de los tubos} = 1\text{m}.$$

$$A = 0.08\text{m}^2$$

$$\Delta T = (T_t - T_0)$$

$$T_t = 280^\circ\text{C}$$

$$T_0 = 130^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 150^\circ\text{C}$$

Entonces si reemplazamos encontramos el calor necesario:

$$Q = 69.598\text{W}$$

Calculo para todo el banco de tubos del intercambiador de calor

Calculo del número de Reynolds

$$D_e = n_t \times D_0$$

Dónde:

n_t = Número total de tubos del banco 172,

D_0 = Diámetro total exterior de los tubos 0.025m.

$$D_e = 2.28m$$

Número de Reynolds

$$R_e = \frac{v_{in} \times D_e}{\gamma}$$

De donde

$$v_{in} = \text{Velocidad del aire de ingreso } 22 \frac{m}{seg},$$

$$\gamma = 19.33 \times 10^{-6}$$

$$R_e = 2.594930$$

Reynolds cargado

$$\bar{R}_e = \frac{10 \times (2280)}{0.04}$$

$$\bar{R}_e = 570000$$

Reynolds recargado

$$\bar{R}_e = \frac{500 \times (2280)}{0.04}$$

$$\bar{R}_e = 2.850000$$

Realizando la comparación entre:

$$\bar{R}_e < R_e < \bar{R}_e ,$$

$$570000 < 2.594930 < 2.850000$$

De acuerdo al análisis se puede determinar que se encuentra en estado de **TRANSICIÓN**

$$\lambda = 0.11 \left(\frac{68}{R_e} + \frac{K}{D_e} \right)^{0.25}$$

$$\lambda = 7.35 \times 10^{-3}$$

$$H_p = \lambda \times \frac{L_{tt}}{D_e} \times \frac{v_{in}^2}{2 \times g}$$

Dónde:

L_{tt} = Longitud total de tubos 3m,

g = Gravedad $9.8 \frac{m}{seg}$,

$$v_{in} = \text{Velocidad de ingreso } 22 \frac{m}{seg}$$

$$H_p = 0.289m$$

Calculo total de energía térmica necesaria

$$Q = U \times A_r \times \Delta T_m$$

Coefficiente global de transferencia

Para gases en circulación los intervalos de 10 - 30 W/m°C,

Para este caso tomamos un estimativo intermedio de 15 W/m°C.

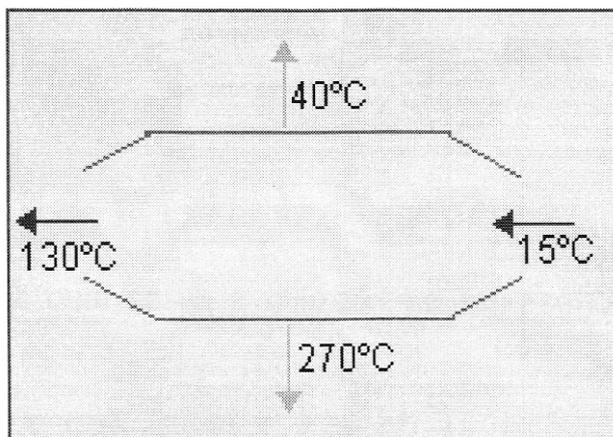


Figura N° 3.1 Media logarítmica en el intercambiador de calor

Temperatura transversal de los tubos

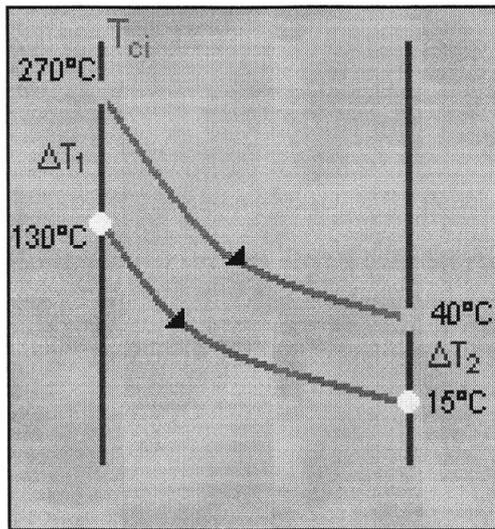


Figura N°3.2 Temperatura transversal de tubos

$$\Delta T_1 = (270 - 130)$$

$$\Delta T_1 = 140^{\circ}\text{C}$$

Temperatura en dirección del flujo de aire

$$\Delta T_2 = (40 - 15)$$

$$\Delta T_2 = 25^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_m = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln\left(\frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}\right)}$$

$$\Delta T_m = 67.75^\circ C$$

El área del tubo

$$A_r = \pi \times D_0 \times L_t$$

Dónde:

D_0 = Diámetro exterior de los tubo = 0.025 m,

L_t = Longitud de los tubos = 1m.

$$A_r = 0.08m^2$$

El valor de U dentro de los intervalos de $10 - 30 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$

Gases de recirculación, es intermedio $15 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$

$$Q = 81.3$$

3.4.3 CALOR PERDIDO POR PAREDES DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR

Gravedad $g = 9.8 \frac{m}{seg}$

Temperatura interna de pared $T_s = 380^\circ C$

Temperatura externa de pared $T_0 = 15^\circ C$

Longitud característica de la placa $L_c = 0.096m$

Prando $Pr = 0.72$

Viscosidad Cinemática $\gamma = 64.6 \times 10^{-6} \frac{m^2}{seg}$

Radio hidráulico $R_h = 0.096m$

Numero de Reynolds

$$R_e = 4 \frac{v R_h}{\gamma}$$

$$R_e = 11888.54m$$

Numero Nurself

$$Nu = 0.023 \times R_e^{0.8} \times Pr^{\frac{1}{3}}$$

$$Nu = 1.37 \times 10^7$$

Coeficiente de interno (h_i)

$$h_i = \frac{Nu \times K}{D_h}$$

$$h_i = 1.83$$

Coeficiente de externo (h_0)

$$h_0 = 5.7 + 3.8v$$

$$h_0 = 17.1 \frac{W}{m^{\circ}C}$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_{icc}} + \frac{e_1}{K_1} + \frac{e_2}{K_2} + \frac{e_3}{K_3} + \frac{1}{h_{0cc}}}$$

| | | | | | |
|----------------------|------------|------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| e_1 | e_2 | e_3 | K_1 | K_1 | K_1 |
| $3 \times 10^{-3} m$ | $0.0762 m$ | $0.1 \times 10^{-3} m$ | $20.14 \frac{W}{m^{\circ}C}$ | $0.0548 \frac{W}{m^{\circ}C}$ | $20.14 \frac{W}{m^{\circ}C}$ |

Tabla N°3.10 Espesor y coeficiente de conductividad del Intercambiador

$$U = 28.489 \frac{W}{m^{\circ}C}$$

CALOR PERDIDO EN PAREDES INTERCAMBIADOR

$$Q = U \times A \times (T_b - T_i)_t$$

$$Q = 998.254$$

3.5 DUCTOS DE ENTRADA Y SALIDA DE AIRE DE PROCESO

3.5.1 PERDIDA DE CALOR DUCTOS HORIZONTALES

$$D_{dhe} = \frac{4A_{dhe}}{P_{dhe}}$$

Dónde:

$$A_{dhe} = 0.56m^2 \text{ Área}$$

$$P_{dhe} = 3 \text{ Perímetro mojado en (m).}$$

$$^8\text{Velocidad de aire en ductos } V = 8m/seg$$

$$\text{Temperatura media volumétrica } T_b = 190^\circ C$$

$$\text{Temperatura Superficial } T_b = 75^\circ C$$

$$\text{Temperatura Fílmica } T_f = 115^\circ C$$

| | | | |
|-------|--|-------|------------------------------|
| T_b | | | |
| C_p | γ | P_r | K |
| 1014 | $25.50 \times 10^{-6} \frac{m^2}{seg}$ | 0.7 | $0.0231 \frac{W}{m^\circ C}$ |

Tabla N°3.11 Propiedades termofísicas del aire 190°C

Reynolds.

$$R_e = 107294.1$$

Número de Nursel

⁸ Cytet-P Diseño mecánico

$$Nu = 0.023 \times R_e^{0.8} \times P_r \left(\frac{u_b}{u_s} \right)^{0.14}$$

$$u_b = 22.52 \times 10^{-6} \text{ kg/mseg}$$

$$u_s = 20.54 \times 10^{-6} \text{ kg/mseg}$$

$$Nu = 57.5$$

Coeficiente de convección interna

$$h_i = \frac{Nu \times K}{D_h}$$

$$h_i = 5.56 \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C}$$

Coeficiente de externo (h_0)

$$h_0 = 2.8 + 3v$$

$$h_0 = 8.8 W / m^2 \text{ } ^\circ C$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_{icc}} + \frac{e_1}{K_1} + \frac{e_2}{K_2} + \frac{e_3}{K_3} + \frac{1}{h_{0cc}}}$$

$$U = 0.79$$

| e_1 | e_2 | e_3 | K_1 | K_2 | K_3 |
|----------------------|----------|-------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| $1 \times 10^{-3} m$ | $0.05 m$ | $0.75 \times 10^{-4} m$ | $44.96 \frac{W}{m^{\circ}C}$ | $0.049 \frac{W}{m^{\circ}C}$ | $44.96 \frac{W}{m^{\circ}C}$ |

Tabla N°3.12 Espesor y coeficiente de conductividad del ducto horizontal

Calor perdido en ductos horizontales

$$Q = U \times A \times (T_b - T_i)_t$$

$$Q = 905.814 W$$

3.5.2 PERDIDA DE CALOR EN DUCTOS VERTICALES

$$D_{dhe} = \frac{4A_{dhe}}{P_{dhe}}$$

Dónde:

$$A_{dhe} = 0.72 m^2 \text{ Área}$$

$$P_{dhe} = 3.4 \text{ Perímetro mojado en (m).}$$

Velocidad de aire en ductos $V = 5 m / seg$

Temperatura media volumétrica $T_b = 190^{\circ}C$

Temperatura Superficial $T_b = 75^\circ C$

Temperatura Fílmica $T_f = 115^\circ C$

| | | | |
|-------|--|-------|------------------------------|
| T_b | | | |
| C_p | γ | P_r | K |
| 1014 | $25.50 \times 10^{-6} \frac{m^2}{seg}$ | 0.7 | $0.0231 \frac{W}{m^\circ C}$ |

Tabla N°3.13 Propiedades termofísicas del aire 190°C

Reynolds.

$$R_e = 49945$$

Número de Nursel

$$Nu = 0.023 \times R_e^{0.8} \times P_r^{0.3}$$

$$Nu = 118.6$$

Coficiente de convección interna

$$h_i = \frac{Nu \times K}{D_h}$$

$$h_i = 11.55 \frac{W}{m^2 \circ C}$$

Coeficiente de externo (h_0)

$$h_0 = 2.8 + 3v$$

$$h_0 = 4.3 \text{ W} / \text{m}^2\text{°C}$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_{icc}} + \frac{e_1}{K_1} + \frac{e_2}{K_2} + \frac{e_3}{K_3} + \frac{1}{h_{0cc}}}$$

$$U = 1.20$$

| e_1 | e_2 | e_3 | K_1 | K_2 | K_3 |
|------------------------------|------------------|---------------------------------|---|---|---|
| $1 \times 10^{-3} \text{ m}$ | 0.05 m | $0.75 \times 10^{-4} \text{ m}$ | $44.96 \frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{C}}$ | $0.049 \frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{C}}$ | $44.96 \frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{C}}$ |

Tabla N°3.14 Espesor y coeficiente de conductividad del ducto vertical

Calor perdido en ductos verticales

$$Q = U \times A \times (T_b - T_i)_t$$

$$Q = 136.08 \text{ W}$$

3.5.3 PERDIDA DE CALOR EN CHIMENEA

$$D_{dhe} = \frac{4A_{dhe}}{P_{dhe}}$$

Dónde:

$$A_{dhe} = 0.0625m^2 \text{ Área}$$

$$P_{dhe} = 1 \text{ Perímetro mojado en (m).}$$

Velocidad de aire en ductos $V = 2m/seg$

Temperatura media volumétrica $T_b = 55^\circ C$

Temperatura Superficial $T_b = 15^\circ C$

Temperatura Fílmica $T_f = 30^\circ C$

Diámetro hidráulico $D_h = 0.25m$

| C_p | γ | P_r | K |
|-------|--|-------|------------------------------|
| 1014 | $18.37 \times 10^{-6} \frac{m^2}{seg}$ | 0.7 | $0.0231 \frac{W}{m^\circ C}$ |

Tabla N°3.15 Propiedades termo físicas del aire 190°C

Reynolds.

$$R_e = 54436$$

⁹Zona pared rugosa

Número de Nusselt

$$Nu = 0.023 \times R_e^{0.8} \times P_r^{0.3}$$

$$Nu = 141.14$$

Coefficiente de convección interna

$$h_i = \frac{Nu \times K}{D_h}$$

$$h_i = 16.23 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

Coefficiente de externo (h_0)

$$h_0 = 2.8 + 3v$$

$$h_0 = 8.8 W / m^2 \cdot ^\circ C$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_{icc}} + \frac{e_1}{K_1} + \frac{e_2}{K_2} + \frac{e_3}{K_3} + \frac{1}{h_{0cc}}}$$

⁹ Hidromecanica i Pag. 127

| | e_2 | e_3 | K_1 | K_2 | K_3 |
|----------------------|----------|-------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| e_1 | | | | | |
| $1 \times 10^{-3} m$ | $0.05 m$ | $0.75 \times 10^{-4} m$ | $44.96 \frac{W}{m^{\circ}C}$ | $0.049 \frac{W}{m^{\circ}C}$ | $44.96 \frac{W}{m^{\circ}C}$ |

Tabla N° 3.16 Espesor y coeficiente de conductividad de chimenea

$$U = 1.244$$

Calor perdido en Chimenea

$$Q = U \times A \times (T_b - T_i)_t$$

$$Q = 106.237 W$$

3.6 PERDIDAS DE CALOR EN RENOVACIONES DE AIRE DE LA CÁMARA

$$Q_{RA} = ACH \times V \times \rho \times C_p \times \Delta T$$

Ec: 3.23

Varía entre 0.5 - 1 ACH

| | | |
|-------|---------------|-------|
| C_p | ρ | P_r |
| 1007 | 1.042Kg / seg | 0.7 |

Tabla N°3.17 Propiedades termo físicas del aire 70°C

$$Q_{RA} = 1362.62W$$

Calor requerido necesario

$$Q_{real} = Q_{teorico} + 0.1Q_{real} \quad \text{Ec: 3.24}$$

$$Q_{real} = 25KW$$

CALOR NECESARIO PARA EL SECADO

$$Q_N = Q_{sobrante} + Q_{latente} \quad \text{Ec: 3.25}$$

$$Q_N = m_a \times C_{p_a} \times (T_2 - T_1) + m_s H_{fg} \quad \text{Ec: 3.26}$$

$$Q_N = 23..5KW$$

3.6.1 CONSUMO DE COMBUSTIBLE

Calor requerido para operar el horno es:

$$\text{Calor Necesario } Q_N = 23..5KW$$

¹⁰El calor de combustión $HR = 43165.92 \frac{KJ}{Kg}$

$$M = \frac{Q_N}{HR}$$

Ec: 3.27

$$M = 2.83 \frac{Kg}{seg}$$

En una hora de funcionamiento

Aproximadamente el consumo de gas por automóvil es de 80 min debido a estos valores el consumo de combustible es de 4Kg

3.7 SIMULACIÓN DEL PROCESO DE CALENTAMIENTO

Para determinar la confiabilidad de los datos obtenidos mediante cálculo matemático se realiza la simulación de transferencia de calor y el calor necesario para operar la cabina-horno de pintura tomando en cuenta la temperatura ambiente, temperatura de pintado y la temperatura en la cual se va a curar la pintura aplicada y que esta será constante por 45 min

3.7.1 ANSYS PROJECT TRANSFERENCIA TÉRMICA

Simulador de transferencia de calor

¹⁰ Tesis Quemador multi combustible Pag 96

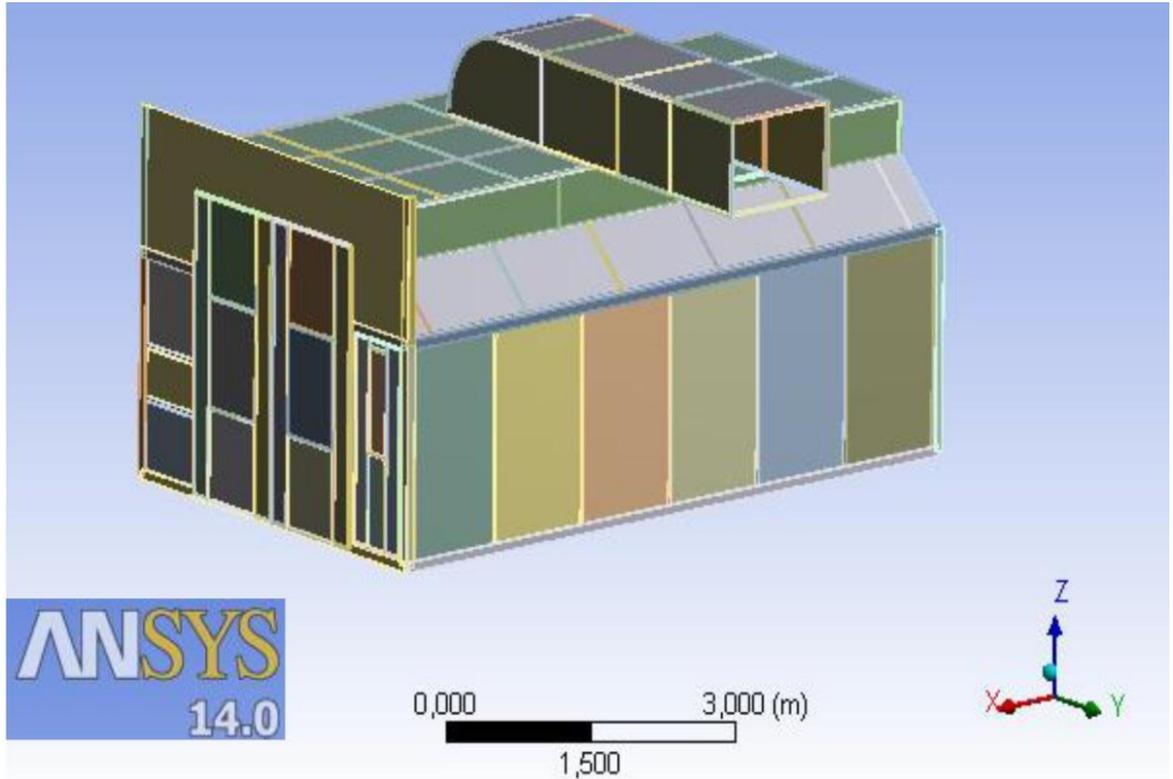


Figura 3.3 Análisis a 3000m sobre el nivel del mar

Transient Thermal (C5)

| | |
|---------------------|------------------------|
| Object Name | Transient Thermal (C5) |
| State | Solved |
| Definition | |
| Physics Type | Thermal |
| Analysis Type | Transient |
| Solver Target | Mechanical APDL |
| Options | |
| Generate Input Only | No |

Tabla N° 3.18 Modelo de análisis

| | |
|---------------------------|---------------------|
| Object Name | Initial Temperature |
| State | Fully Defined |
| Definition | |
| Initial Temperature | Uniform Temperature |
| Initial Temperature Value | 22, °C |

Tabla N°3.19 Condiciones iniciales

| | |
|---------------------|--------------------------|
| Object Name | <i>Analysis Settings</i> |
| State | Fully Defined |
| Step Controls | |
| Number Of Steps | 1, |
| Current Step Number | 1, |
| Step End Time | 4,e-003 s |
| Auto Time Stepping | Program Controlled |
| Initial Time Step | 4,e-005 s |
| Minimum Time Step | 4,e-006 s |
| Maximum Time Step | 4,e-004 s |
| Time Integration | On |
| Solver Controls | |
| Solver Type | Program Controlled |
| Radiosity Controls | |
| Flux Convergence | 1,e-004 |
| Maximum Iteration | 1000, |
| Solver Tolerance | 0,1 |

| | |
|---------------------------------|--|
| Over Relaxation | 0,1 |
| Hemicube Resolution | 10, |
| Nonlinear Controls | |
| Heat Convergence | Program Controlled |
| Temperature Convergence | Program Controlled |
| Line Search | Program Controlled |
| Nonlinear Formulation | Program Controlled |
| Output Controls | |
| Calculate Thermal Flux | Yes |
| General Miscellaneous | No |
| Calculate Results At | All Time Points |
| Max Number of Result Sets | Program Controlled |
| Analysis Data Management | |
| Solver Files Directory | C:\Users\Darwin Santamaria User\AppData\Local\Temp\WB_DESIGN-PC_40_2\unsaved_project_files\dp0\SYS-1\MECH\ |
| Future Analysis | None |
| Scratch Solver Files Directory | |
| Save MAPDL db | No |
| Delete Unneeded Files | Yes |
| Nonlinear Solution | No |
| Solver Units | Active System |
| Solver System Unit | mks |

Tabla N° 3.20 Configuración de análisis

| | | |
|---------------------|-----------------------|---|
| Object Name | Temperature | Convection |
| State | Fully Defined | |
| Scope | | |
| Scoping Method | Geometry Selection | |
| Geometry | 1 Face | |
| Definition | | |
| Type | Temperature | Convection |
| Magnitude | 70, °C (step applied) | |
| Suppressed | No | |
| Film Coefficient | | 0,5 W/m ² ·°C (step applied) |
| Ambient Temperature | | 15°C (step applied) |

Tabla N°3.21 Cargas

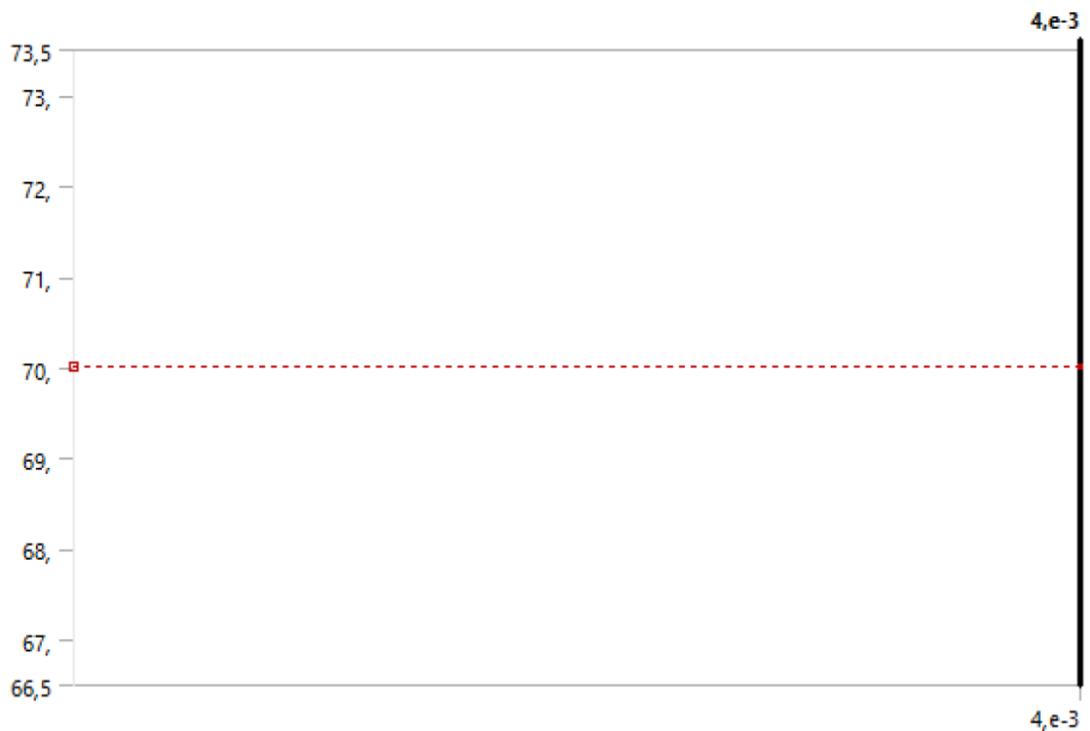


Figura N°3.4 Análisis de temperatura constante a 70°C



Figura N°3.5 Análisis de transferencia de calor por convección

| Steps | Time [s] | Convection Coefficient [W/m ² .°C] | Temperature [°C] |
|-------|----------|---|------------------|
| 1 | 0, | = 0,5 | = 22, |
| | 4,e-003 | 0,5 | 22, |

Tabla N° 3.22 Coeficiente de convección a temperatura inicial

| | |
|------------------------------|----------------------|
| Object Name | Solution Information |
| State | Solved |
| Solution Information | |
| Solution Output | Solver Output |
| Update Interval | 2,5 s |
| Display Points | All |
| FE Connection Visibility | |
| Activate Visibility | Yes |
| Display | All FE Connectors |
| Draw Connections Attached To | All Nodes |
| Line Color | Connection Type |
| Visible on Results | No |
| Line Thickness | Single |
| Display Type | Lines |

Tabla N° 3.23 Información de Solución

| | | |
|----------------|------------------------------|------------------------------|
| Object Name | Temperature - Global Maximum | Temperature - Global Minimum |
| State | Solved | |
| Definition | | |
| Type | Temperature | |
| Suppressed | No | |
| Scope | | |
| Scoping Method | Global Maximum | Global Minimum |
| Results | | |
| Minimum | 70, °C | 14,156 °C |
| Maximum | 70, °C | 21,997 °C |

Tabla N° 3.24 Resultados de temperaturas

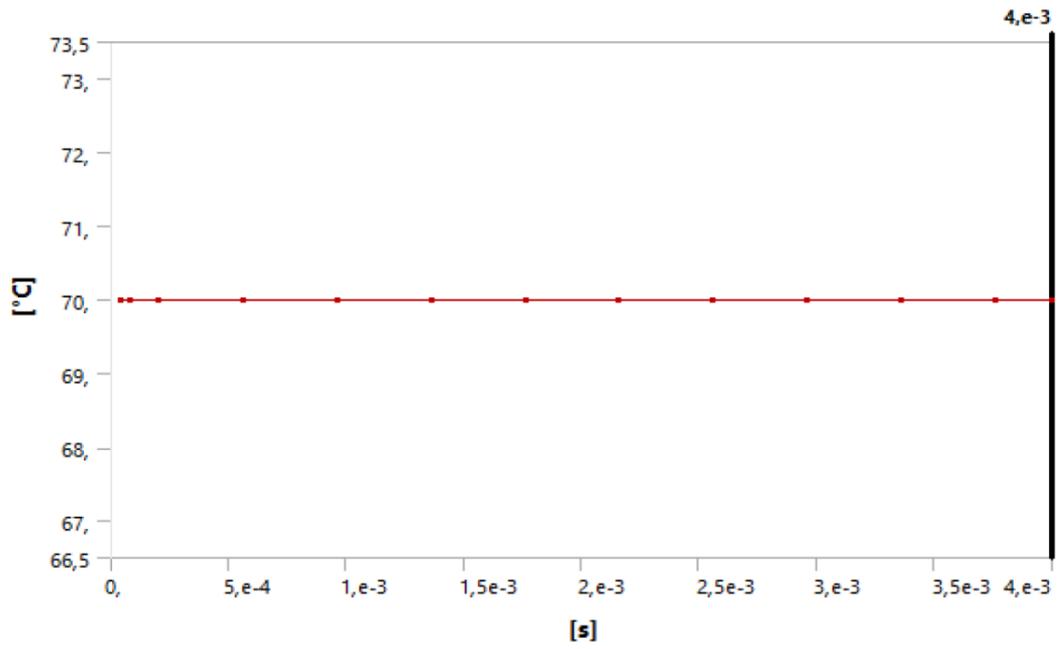


Figura N°3.6 Análisis de temperatura global máxima.

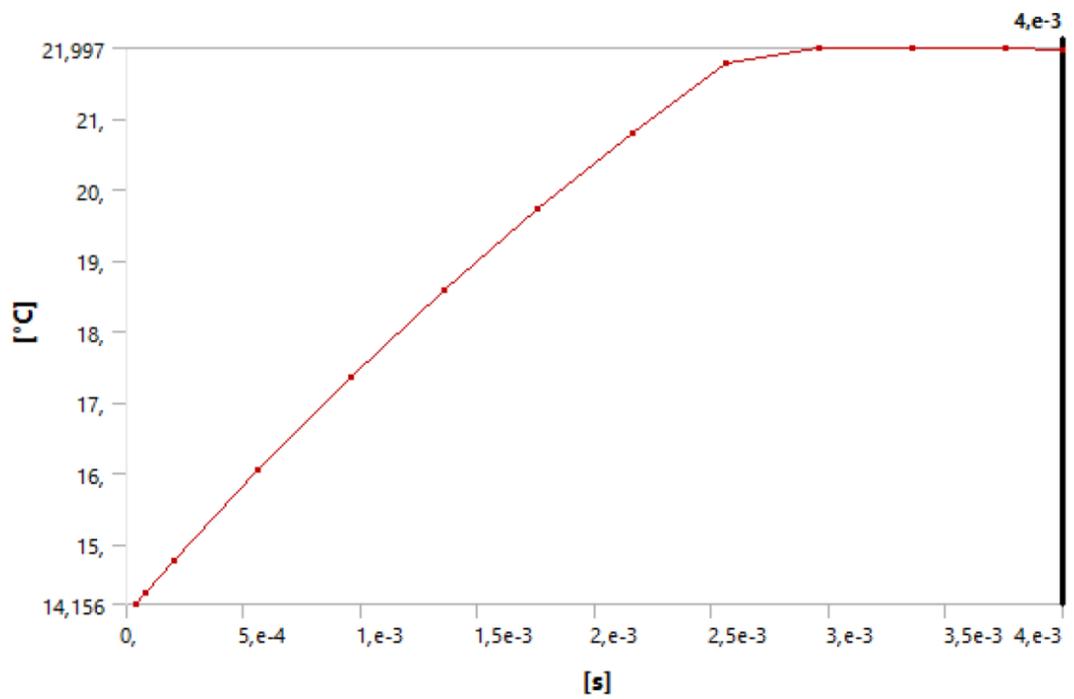


Figura N°3.7 Análisis de temperatura global mínima.

| | | | | |
|-------------------------|--------------------|------------------------------|------|--------------------------|
| Object Name | Temperature | Total Flux | Heat | Directional Heat Flux |
| State | Solved | | | |
| Scope | | | | |
| Scoping Method | Geometry Selection | | | |
| Geometry | All Bodies | | | |
| Definition | | | | |
| Type | Temperature | Total Flux | Heat | Directional Heat Flux |
| By | Time | | | |
| Display Time | Last | | | |
| Calculate Time History | Yes | | | |
| Identifier | | | | |
| Suppressed | No | | | |
| Orientation | | | | X Axis |
| Coordinate System | | | | Global Coordinate System |
| Results | | | | |
| Minimum | 21,976 °C | 9,1552e-006 W/m ² | | -94,142 W/m ² |
| Maximum | 70, °C | 5,427e+006 W/m ² | | 173,72 W/m ² |
| Minimum Occurs On | Lampara:3 | Panel:1 (7) | | Lampara:3 |
| Maximum Occurs On | panel5:1 | | | Lampara:3 |
| Minimum Value Over Time | | | | |
| Minimum | 14,156 °C | 2,0124e-006 W/m ² | | -117,52 W/m ² |
| Maximum | 21,997 °C | 9,1552e-006 W/m ² | | -22,02 W/m ² |
| Maximum Value Over Time | | | | |
| Minimum | 70, °C | 5,427e+006 W/m ² | | 22,033 W/m ² |

| | | | |
|---------------------------|-----------|---------------------------------|-------------------------|
| Maximum | 70, °C | 7,7086e+006 W/m ² | 173,72 W/m ² |
| Information | | | |
| Time | 4,e-003 s | | |
| Load Step | 1 | | |
| Substep | 13 | | |
| Iteration Number | 13 | | |
| Integration Point Results | | | |
| Display Option | Averaged | | |

Tabla N° 3.25 Resultados de temperaturas

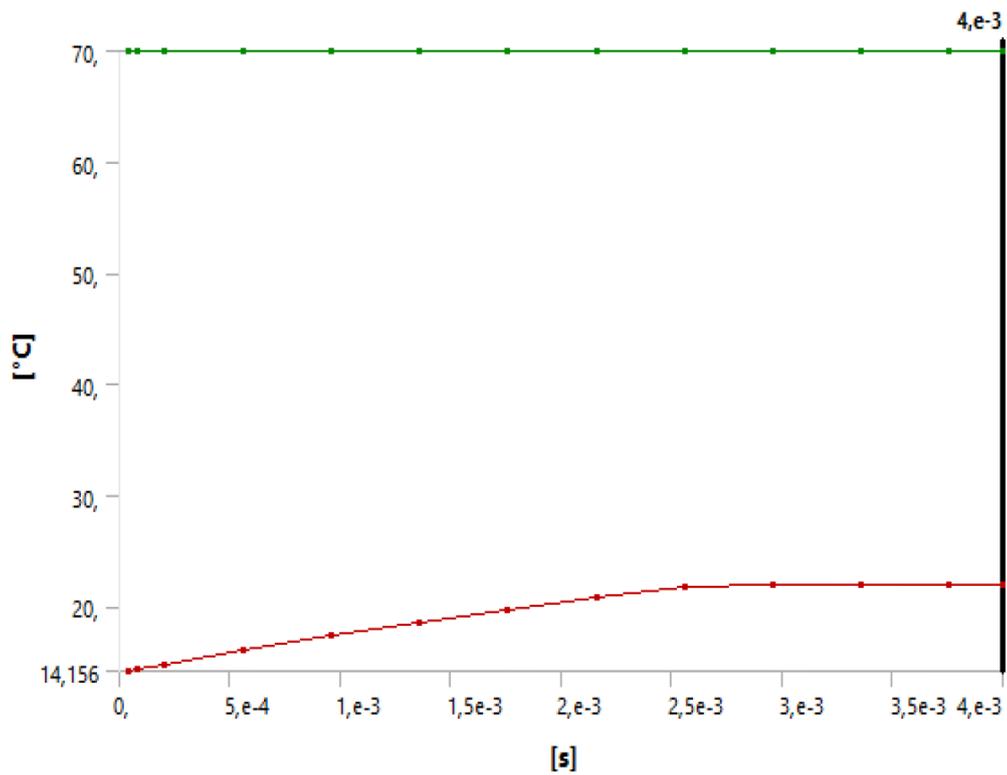


Figura N°3.8 Temperatura minima.

| Time [s] | Minimum [°C] | Maximum [°C] |
|-----------|--------------|--------------|
| 4,e-005 | 14,156 | 70, |
| 8,e-005 | 14,312 | |
| 2,e-004 | 14,767 | |
| 5,6e-004 | 16,045 | |
| 9,6e-004 | 17,363 | |
| 1,36e-003 | 18,587 | |
| 1,76e-003 | 19,727 | |
| 2,16e-003 | 20,789 | |
| 2,56e-003 | 21,782 | |
| 2,96e-003 | 21,997 | |
| 3,36e-003 | 21,996 | |
| 3,76e-003 | | |
| 4,e-003 | 21,976 | |

Tabla N° 3.26 Resultados de temperaturas en función de tiempo

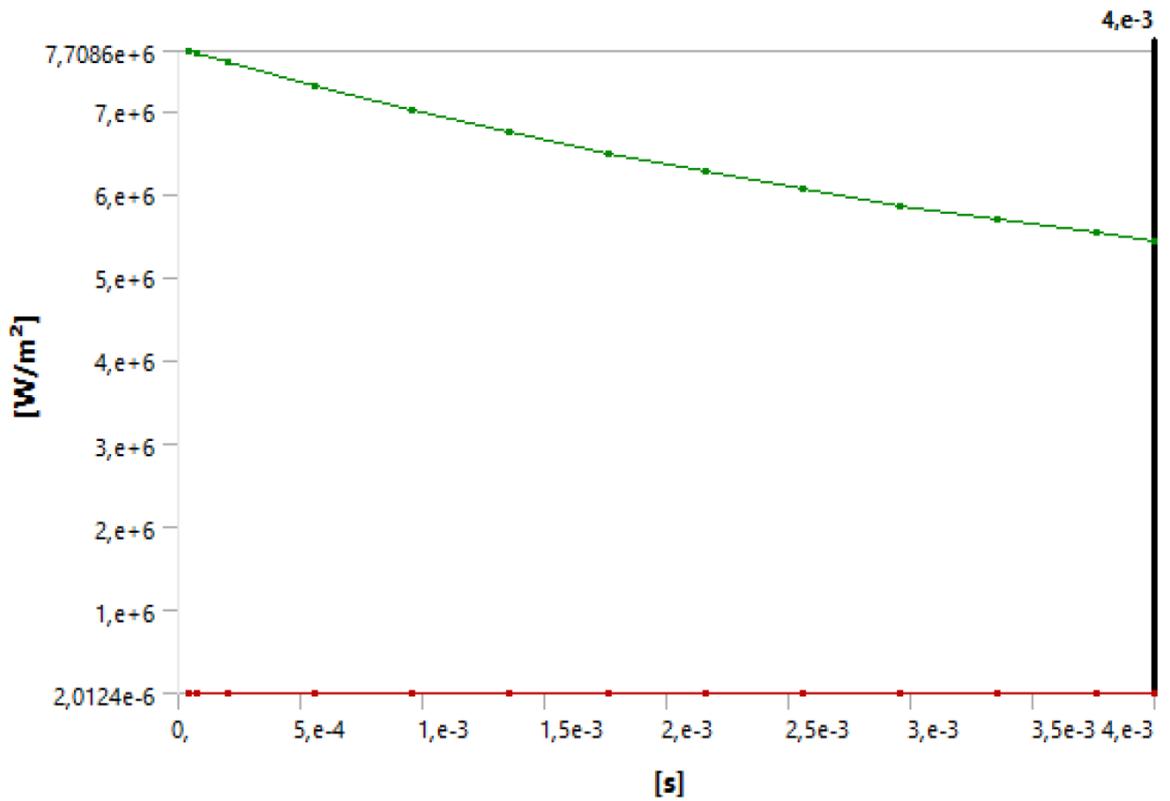


Figura N°3.9 Flujo total de aire caliente

| Time [s] | Minimum [W/m ²] | Maximum [W/m ²] |
|-----------|-----------------------------|-----------------------------|
| 4,e-005 | 2,8385e-006 | 7,7086e+006 |
| 8,e-005 | 2,0124e-006 | 7,6734e+006 |
| 2,e-004 | 2,2342e-006 | 7,5706e+006 |
| 5,6e-004 | 3,7578e-006 | 7,2856e+006 |
| 9,6e-004 | 4,0273e-006 | 6,9952e+006 |
| 1,36e-003 | 5,5493e-006 | 6,7285e+006 |
| 1,76e-003 | 4,0439e- | 6,4835e+006 |

| | | |
|-----------|-------------|-------------|
| | 006 | |
| 2,16e-003 | 3,5273e-006 | 6,2582e+006 |
| 2,56e-003 | 7,7686e-006 | 6,0508e+006 |
| 2,96e-003 | 7,0781e-006 | 5,8596e+006 |
| 3,36e-003 | 5,4408e-006 | 5,6832e+006 |
| 3,76e-003 | 4,5991e-006 | 5,5203e+006 |
| 4,e-003 | 9,1552e-006 | 5,427e+006 |

Tabla N° 3.27 Resultados de flujo total de aire caliente

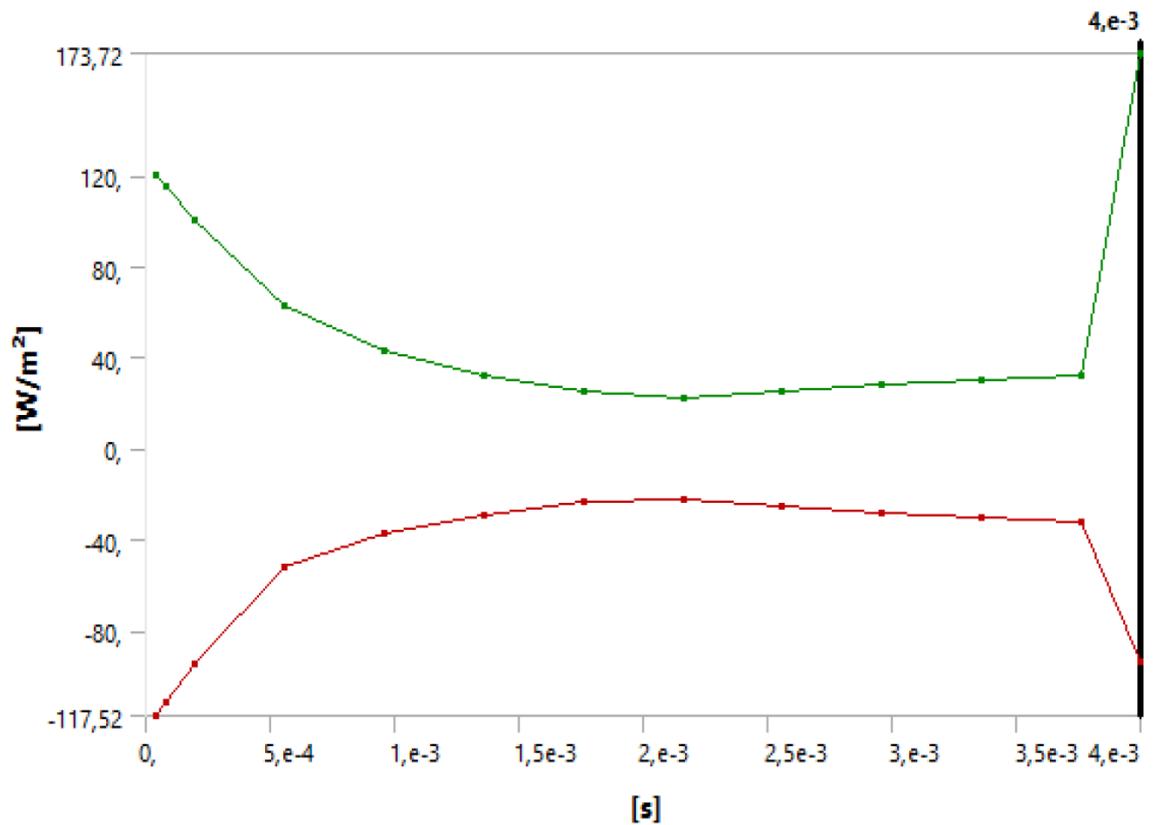


Figura N°3.10 Direccionamiento del Flujo de aire caliente

| Time [s] | Minimum [W/m ²] | Maximum [W/m ²] |
|-----------|-----------------------------|-----------------------------|
| 4,e-005 | -117,52 | 120,57 |
| 8,e-005 | -111,62 | 115,21 |
| 2,e-004 | -94,686 | 100,44 |
| 5,6e-004 | -52,24 | 62,468 |
| 9,6e-004 | -37,671 | 43,445 |
| 1,36e-003 | -29,363 | 32,366 |
| 1,76e-003 | -23,367 | 25,455 |
| 2,16e-003 | -22,02 | 22,033 |
| 2,56e-003 | -25,372 | 25,376 |
| 2,96e-003 | -28,097 | 28,093 |
| 3,36e-003 | -30,32 | 30,305 |
| 3,76e-003 | -32,134 | 32,109 |
| 4,e-003 | -94,142 | 173,72 |

Tabla N° 3.28 Resultados direccionamiento de flujo total de aire caliente.

3.8 PERDIDAS DE PRECION EN DUCTOS

| Renovaciones de aire(N) | Velocidad aire en cabina(V _{ec}) | Velocidad aire en ductos(v _{ed}) | Volumen de la cámara (V) |
|-------------------------|--|--|--------------------------|
| 1/h | m/s | m/s | m ³ |
| 120 | 0.2m/s | 7m/s | 84 |

¹¹**Tabla 3.29 Parámetros de diseño de ductos**

¹¹ Solar&Palau Sistemas de ventilación

Caudal de ingreso de aire $C_{IA} = N \times V$

$$C_{IA} = 355723.2m^3 / h$$

$$C_{IA} = 5928.74CFM$$

Caudal de salida de aire $C_{SA} = C_{IA} - 30\%$

$$C_{SA} = 4150.11CFM$$

3.8.1 CALCULO DE DUCTOS

Área de ducto $A_D = \frac{C_{IA}}{V_{ed}}$

$$A_D = 0.46m^2$$

Diámetro del ducto $D_1 = \sqrt{\frac{4A_D}{\pi}}$

$$D_1 = 0.84m$$

¹²DUCTO EQUIVALENTES RECTANGULARES

Longitud ducto x 0,8m

¹² ASHARE Fundamental fricción

Longitud ducto y 0.7m

Área de ducto rectangular $0.56m^2$

Velocidad en ducto rectangular $V_{DR} = \frac{C_{IA}}{A_{dr}}$

$$V_{DR} = 1.85m / seg$$

3.8.2 PERDIDAS POR FRICCIÓN EN DUCTOS.

Caída de presión en ducto $H_f = \frac{h_f \times L_D}{100}$

¹³Pulgada de agua en ducto $h_f = 1.3in$

Longitud del ducto $L_D = 5m$

$$H_f = 0.32 \text{ in de agua}$$

De acuerdo a los parámetro calculados en el sistema de flujo de aire en el interior de la cabina-horno y tomando encuentra la velocidad del aire en este diseño es baja se selecciona para el sistema de inyección ventilador centrífugo con motor impulsor de 5 HP las características:

Caudal = 5928 CFM

¹³ Solar&Palau Sistemas de ventilación

Caída de presión= 0,72 in H₂O

El sistema de descarga o recirculación se selecciona un ventilador centrífugo con motor impulsor de 3HP.

Caudal= 4150 CFM

Caída de presión=0.32 in H₂O

CAPITULO 4

DISEÑO ESTRUCTURAL

El diseño estructural se realiza a partir de un adecuado balance entre las funciones propias que un material puede cumplir, a partir de sus características naturales específicas, capacidades mecánicas y el menor costo que pueda conseguirse.

El costo de la estructura siempre debe ser el menor, pero obteniendo el mejor resultado a partir de un análisis estructural previo.

El diseño estructural debe obtener un rendimiento balanceado entre la parte rígida y plástica de los elementos, ya que en muchas ocasiones, un exceso en alguno de estos dos aspectos puede conducir al fallo de la estructura.

4.1 ETAPAS EN EL PROCESO DEL DISEÑO.

4.1.1 SELECCIÓN DE MATERIALES.

Usualmente los materiales utilizados en la parte estructural deben cumplir otro tipo de funciones, tales como aislante térmico, acústico, y otros propios dentro de una estructura.

El diseño de una estructura parte de una tipología base para a continuación realizar el cálculo adecuado de resistencias en cada una de sus partes conocidos los materiales y las cargas actuantes.

Para un diseño adecuado se deben tener en cuenta las combinaciones de cargas y en general cualquier situación a la cual se pueda ver sometida la estructura diseñada. Los materiales seleccionados son de acero comercial dependiendo del esfuerzo al que están sometidos están distribuidos de forma equilibrada.

4.1.2 DIMENSIONAMIENTO ESTRUCTURAL.

El dimensionamiento define a detalle la estructura y revisa si cumple con requisitos de seguridad, su principal objetivo es de absorber las acciones que derivan del funcionamiento de la construcción, el dimensionamiento es de acuerdo a las necesidades propias de la empresa que financia el presente proyecto los cuales están conformados el esqueleto: altura (y) 3m, ancho (x) 4m, profundidad (z) 7m en lo que se refiera al almacón

4.2 ANÁLISIS ESTRUCTURAL

Procedimiento que determina respuestas del sistema estructural ante acciones externas que puedan incidir sobre el sistema, debe entenderse como una carga estructural aquella que está incluida en el cálculo de los elementos mecánicos, fuerzas, momentos, deformaciones, desplazamientos de la estructura como sistema y de los elementos que la componen expresándose en función de deformaciones, agrietamientos, vibraciones, etc.

En el análisis existen:

Cargas Muertas:

Son aquellas que actúan de forma continua y sin cambios de gran realce que puedan afectar el diseño significativamente, pertenecen a este grupo el peso propio de la estructura.

Cargas vivas:

Varían su intensidad con el tiempo por uso o exposición de la estructura, tales como el tránsito en puentes, cambios de temperatura, maquinaria y cargas accidentales que tienen su origen en acciones externas al uso de la estructura y cuya manifestación es de corta duración como lo son los eventos sísmicos o ráfagas de viento.

4.2.1 AUTODESK DISEÑO ESTRUCTURAL

El cálculo de fuerzas, momentos y de más esfuerzos a los que está sometido la estructura de la cabina-horno se ha realizado en un software de diseño estructural de tal manera obtener resultados reales con un margen de error bajo. Los materiales estén sobredimensionados y por ende el proyecto, buscando que se encuentre de los parámetros normales y aceptables para su posterior construcción evitando inconvenientes al final de este.

4.2.1.1 PROPIEDADES DEL ACERO

| | |
|--------------------|---|
| Masa | 3745.052 kg |
| Área | 5138802.328 mm ² |
| Volumen | 2545657.122 mm ³ |
| Centro de gravedad | x=3655.748 mm y=2221.771 mm z=1502.885 mm |

Tabla 4.1 Propiedades del acero

4.2.1.2 MATERIALES

| | | |
|-----------------|-------------------------------|-------------------------|
| Nombre | Acero aleado | |
| General | Densidad de masa | 7.850 g/cm ³ |
| | Límite de elasticidad | 250.000 MPa |
| | Resistencia máxima a tracción | 0.000 MPa |
| Tensión | Módulo de Young | 205.000 GPa |
| | Coeficiente de Poisson | 0.300 su |
| Tensión térmica | Coeficiente de expansión | 0.0000120 su/c |
| | Conductividad térmica | 44.500 W/(m K) |
| | Calor específico | 0.475 J/(kg K) |
| Nombre | Acero dulce | |
| General | Densidad de masa | 7.860 g/cm ³ |
| | Límite de elasticidad | 207.000 MPa |
| | Resistencia máxima a tracción | 345.000 MPa |
| Tensión | Módulo de Young | 220.000 GPa |
| | Coeficiente de Poisson | 0.275 su |
| Tensión térmica | Coeficiente de expansión | 0.0000120 su/c |
| | Conductividad térmica | 56.000 W/(m K) |
| | Calor específico | 0.460 J/(kg K) |

Tabla 4.2 Propiedades físicas del acero

4.2.1.3 SECCIÓN O SECCIONES TRANSVERSALES

| | | |
|--------------------------|--|------------------------------------|
| Propiedades de geometría | Área de sección (a) | 1224.038 mm ² |
| | Anchura de sección | 101.600 mm |
| | Altura de sección | 101.600 mm |
| | Centroide de sección (x) | 50.800 mm |
| | Centroide de sección (y) | 50.800 mm |
| Propiedades mecánicas | Momento de inercia (I _x) | 1954916.262 mm ⁴ |
| | Momento de inercia (I _y) | 1 954916.262 mm ⁴ |
| | Módulo de rigidez de torsión (J) | 2784587.010 mm ⁴ |
| | Módulo de sección (W _x) | 38482.604 mm ³ |
| | Módulo de sección (W _y) | 38482.604 mm ³ |
| | Módulo de sección de torsión (W _z) | 3523.608 mm ³ |
| | Área de esfuerzo cortante reducida (A _x) | 553.574 mm ² |
| | Área de esfuerzo cortante | 553.574 |

| | | |
|--------------------------|--|----------------------------|
| | reducida (A_y) | mm ² |
| Propiedades de geometría | Área de sección (a) | 779.665 mm ² |
| | Anchura de sección | 38.100 mm |
| | Altura de sección | 63.500 mm |
| | Centroide de sección (x) | 19.050 mm |
| | Centroide de sección (y) | 31.750 mm |
| Propiedades mecánicas | Momento de inercia (I_x) | 342717.023 mm ⁴ |
| | Momento de inercia (I_y) | 154152.634 mm ⁴ |
| | Módulo de rigidez de torsión (J) | 379671.890 mm ⁴ |
| | Módulo de sección (W_x) | 10794.237 mm ³ |
| | Módulo de sección (W_y) | 8092.002 mm ³ |
| | Módulo de sección de torsión (W_z) | 867.164 mm ³ |
| Propiedades de geometría | Área de sección (a) | 576.670 mm ² |
| | Anchura de sección | 38.100 mm |
| | Altura de sección | 38.100 mm |

| | | |
|--------------------------|--|----------------------------|
| | Centroide de sección (x) | 19.050 mm |
| | Centroide de sección (y) | 19.050 mm |
| Propiedades mecánicas | Momento de inercia (I_x) | 100906.949 mm ⁴ |
| | Momento de inercia (I_y) | 100906.949 mm ⁴ |
| | Módulo de rigidez de torsión (J) | 171648.110 mm ⁴ |
| | Módulo de sección (W_x) | 5296.953 mm ³ |
| | Módulo de sección (W_y) | 5296.953 mm ³ |
| | Módulo de sección de torsión (W_z) | 484.637 mm ³ |
| | Área de esfuerzo cortante reducida (A_x) | 277.263 mm ² |
| | Área de esfuerzo cortante reducida (A_y) | 277.263 mm ² |
| Propiedades de geometría | Área de sección (a) | 172.606 mm ² |
| | Anchura de sección | 28.702 mm |
| | Altura de sección | 28.702 mm |
| Propiedades mecánicas | Momento de inercia (I_x) | 13186.383 mm ⁴ |

| | | |
|--------------------------|--|-------------------------------|
| | Momento de inercia (I_y) | 13186.383 mm ⁴ |
| | Módulo de rigidez de torsión (J) | 590.264 mm ⁴ |
| | Módulo de sección (W_x) | 645.799 mm ³ |
| | Módulo de sección (W_y) | 645.799 mm ³ |
| | Módulo de sección de torsión (W_z) | 124.715 mm ³ |
| | Área de esfuerzo cortante reducida (A_x) | 63.945 mm ² |
| | Área de esfuerzo cortante reducida (A_y) | 63.945 mm ² |
| Propiedades de geometría | Área de sección (a) | 457.910 mm ² |
| | Anchura de sección | 41.275 mm |
| | Altura de sección | 41.275 mm |
| Propiedades mecánicas | Momento de inercia (I_x) | 107475.580 mm ⁴ |
| | Momento de inercia (I_y) | 107475.580 mm ⁴ |
| | Módulo de rigidez de torsión (J) | 174298.710 mm ⁴ |

| | | |
|--------------------------|--|------------------------------|
| | Módulo de sección (W_x) | 5207.781 mm ³ |
| | Módulo de sección (W_y) | 5207.781 mm ³ |
| | Módulo de sección de torsión (W_z) | 477.924 mm ³ |
| | Área de esfuerzo cortante reducida (A_x) | 212.971 mm ² |
| | Área de esfuerzo cortante reducida (A_y) | 212.971 mm ² |
| Propiedades de geometría | Área de sección (a) | 336.943 mm ² |
| | Anchura de sección | 31.750 mm |
| | Altura de sección | 31.750 mm |
| Propiedades mecánicas | Momento de inercia (I_x) | 43960.783 mm ⁴ |
| | Momento de inercia (I_y) | 43960.783 mm ⁴ |
| | Módulo de rigidez de torsión (J) | 73602.590 mm ⁴ |
| | Módulo de sección (W_x) | 2769.183 mm ³ |
| | Módulo de sección (W_y) | 2769.183 mm ³ |

| | | |
|--|--|----------------------------|
| | Módulo de sección de torsión (W_z) | 254.102 mm ³ |
| | Área de esfuerzo cortante reducida (A_x) | 159.146 mm ² |
| | Área de esfuerzo cortante reducida (A_y) | 159.146 mm ² |

Tabla 4.3 Secciones transversales de la estructura

4.2.1.4 MODELO DE VIGA

| | |
|---------------------------------|-----|
| Nodos | 413 |
| Vigas | 152 |
| - Ángulos | 12 |
| - Tubos cuadrados/rectangulares | 140 |

Tabla 4.4 Modelo y número de elementos de la estructura

4.2.1.5 CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO

| | |
|---------------|----------------------------|
| Tipo de carga | Gravedad |
| Magnitud | 9810.000 mm/s ² |
| Dirección | Z- |

Tabla 4.5 Magnitud y dirección en el eje z

4.2.1.5.1 FUERZA 1

| | |
|---------------------------------|------------|
| Tipo de carga | Fuerza |
| Magnitud | 118.000 N |
| Sistema de coordenadas de vigas | No |
| Ángulo de plano | 0.00 gr |
| Ángulo en plano | 180.00 gr |
| Fx | 0.000 N |
| Fy | 0.000 N |
| Fz | -118.000 N |
| Desfase | 625.000 mm |

Tabla 4.6 Fuerza en 1

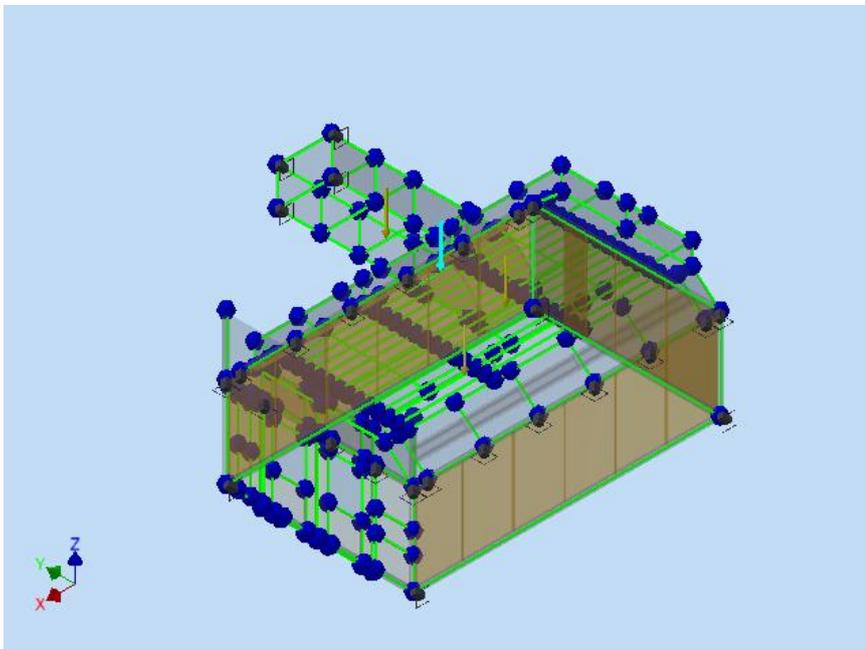


Figura 4.1. Direccionamiento de la fuerza 1

4.2.1.5.2 FUERZA 2

| | |
|---------------------------------|------------|
| Tipo de carga | Fuerza |
| Magnitud | 118.000 N |
| Sistema de coordenadas de vigas | No |
| Ángulo de plano | 0.00 gr |
| Ángulo en plano | 180.00 gr |
| Fx | 0.000 N |
| Fy | 0.000 N |
| Fz | -118.000 N |
| Desfase | 625.000 mm |

Tabla 4.7 Fuerza en 2

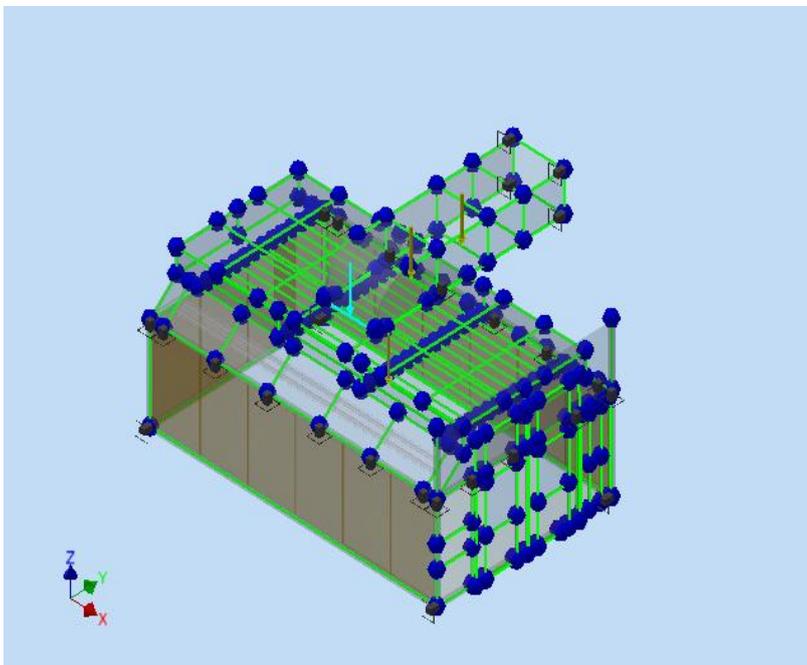


Figura 4.2. Direccionamiento de la fuerza 2

4.2.1.5.3 FUERZA 3

| | |
|---------------------------------|------------|
| Tipo de carga | Fuerza |
| Magnitud | 118.000 N |
| Sistema de coordenadas de vigas | No |
| Ángulo de plano | 0.00 gr |
| Ángulo en plano | 180.00 gr |
| Fx | 0.000 N |
| Fy | 0.000 N |
| Fz | -118.000 N |
| Desfase | 625.000 mm |

Tabla 4.8 Fuerza en 3

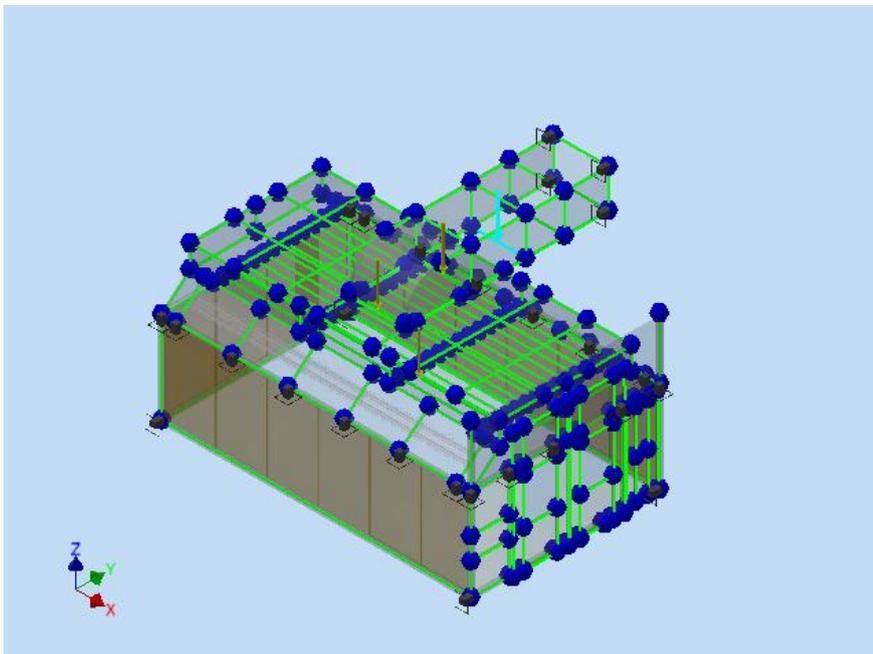


Figura 4.3. Direccionamiento de la fuerza 3

4.2.1.6 RESULTADOS

| Nombre de la restricción | Fuerza de reacción | | Pares de reacción | |
|--------------------------|--------------------|------------------------|-------------------|------------------------|
| | Magnitud | Componentes (Fx,Fy,Fz) | Magnitud | Componentes (Mx,My,Mz) |
| Restricción fija:14 | 760.875 N | -15.800 N | 141894.955 N mm | -141804.025 N mm |
| | | -392.683 N | | -3881.210 N mm |
| | | 651.523 N | | -3276.121 N mm |
| Restricción fija:9 | 753.338 N | -16.130 N | 140366.286 N mm | 140266.869 N mm |
| | | 389.429 N | | -3886.172 N mm |
| | | 644.673 N | | 3577.338 N mm |
| Restricción fija:5 | 633.907 N | 0.000 N | 416559.203 N mm | 145240.959 N mm |
| | | 0.000 N | | -390418.537 N mm |
| | | 633.907 N | | 0.000 N mm |
| Restricción fija:8 | 633.907 N | 0.000 N | N mm | -145240.959 N mm |

| | | | | |
|------------------------|-----------|------------|--------------------|---------------------|
| | | 0.000 N | | -390418.537 N mm |
| | | 633.907 N | | 0.000 N mm |
| Restricción fija:6 | 504.855 N | -1.073 N | 393433.932 N mm | 8635.730 N mm |
| | | 1.800 N | | 393338.323 N mm |
| | | 504.851 N | | 804.139 N mm |
| Restricción fija:7 | 454.856 N | -0.977 N | 392994.697 N mm | -3457.394 N mm |
| | | 1.444 N | | 392978.811 N mm |
| | | 454.853 N | | -729.691 N mm |
| Restricción fija:24 | 850.117 N | 17.041 N | 20635.570 N mm | -19948.615 N mm |
| | | -356.807 N | | -1507.487 N mm |
| | | 771.425 N | | 5060.332 N mm |
| Restricción fija:17 | 751.485 N | 14.527 N | 4514.778 N mm | -553.972 N mm |
| | | 387.797 N | | 3250.778 N |

| | | | | |
|------------------------|---------------|------------|-------------------|--------------------|
| | | | | mm |
| | | 643.531 N | | -3083.630 N mm |
| Restricción fija:25 | 546.624 N | -0.198 N | 25268.829 N mm | 21608.373 N mm |
| | | -6.474 N | | -13097.927 N mm |
| | | 546.586 N | | -190.396 N mm |
| Restricción fija:10 | 474.832 N | 22.805 N | 19047.879 N mm | -15911.425 N mm |
| | | 352.456 N | | -8751.486 N mm |
| | | 317.365 N | | -5749.758 N mm |
| Restricción fija:11 | 413.101 N | 47.958 N | 29303.625 N mm | 25872.110 N mm |
| | | 212.922 N | | 7567.048 N mm |
| | | 350.738 N | | -11492.438 N mm |
| Restricción fija:13 | 1061.770 N | -164.926 N | 52664.961 N mm | 22253.932 N mm |
| | | 705.991 N | | -31740.011 N |

| | | | | |
|------------------------|---------------|------------|-------------------|--------------------|
| | | | | mm |
| | | 775.713 N | | 35650.138 N mm |
| Restricción fija:12 | 1061.576 N | 163.283 N | 52194.571 N mm | 22177.097 N mm |
| | | 706.825 N | | 31691.838 N mm |
| | | 775.036 N | | -35043.930 N mm |
| Restricción fija:15 | 412.644 N | -41.454 N | 30002.931 N mm | 25894.288 N mm |
| | | 213.099 N | | -9423.273 N mm |
| | | 350.921 N | | 11868.598 N mm |
| Restricción fija:16 | 472.342 N | -24.904 N | 19168.383 N mm | -15868.127 N mm |
| | | 349.901 N | | 8610.892 N mm |
| | | 316.317 N | | 6440.651 N mm |
| Restricción fija:23 | 454.376 N | -23.988 N | 17940.705 N mm | 14094.625 N mm |
| | | -335.531 N | | 8917.933 N |

| | | | | |
|------------------------|---------------|------------|-------------------|--------------------|
| | | | | mm |
| | | 305.453 N | | -6609.155 N mm |
| Restricción fija:22 | 481.012 N | -62.269 N | 56178.455 N mm | -52758.962 N mm |
| | | -224.186 N | | -6526.804 N mm |
| | | 420.993 N | | -18163.467 N mm |
| Restricción fija:21 | 1233.320 N | 195.882 N | 90246.083 N mm | -70372.808 N mm |
| | | -767.167 N | | 35245.566 N mm |
| | | 945.602 N | | 44156.239 N mm |
| Restricción fija:20 | 1230.831 N | -195.893 N | 90112.002 N mm | -70149.663 N mm |
| | | -765.591 N | | -35315.762 N mm |
| | | 943.632 N | | -44181.383 N mm |
| Restricción fija:19 | 480.215 N | 61.798 N | 55986.627 N mm | -52625.871 N mm |
| | | -223.808 N | | 6418.652 N |

| | | | | |
|------------------------|-----------|------------|-------------------|--------------------|
| | | | | mm |
| | | 420.355 N | | 17995.028 N mm |
| Restricción fija:18 | 455.686 N | 23.487 N | 17930.508 N mm | 14065.984 N mm |
| | | -336.497 N | | -9054.966 N mm |
| | | 306.378 N | | 6454.364 N mm |
| Restricción fija:2 | 159.087 N | -0.199 N | 43414.165 N mm | -43232.945 N mm |
| | | -114.078 N | | -3962.064 N mm |
| | | 110.882 N | | -64.551 N mm |
| Restricción fija:1 | 208.317 N | -0.022 N | 45655.632 N mm | -45526.135 N mm |
| | | 171.829 N | | -3436.238 N mm |
| | | 117.775 N | | -3.416 N mm |
| Restricción fija:4 | 157.605 N | 0.197 N | 43379.207 N mm | -43197.432 N mm |
| | | -112.068 N | | 3966.528 N mm |

| | | | | |
|---------------------|-----------|-----------|----------------|-----------------|
| | | 110.815 N | | 64.532 N mm |
| Restricción fija:3 | 208.019 N | 0.074 N | 45641.212 N mm | -45511.248 N mm |
| | | 171.470 N | | 3441.735 N mm |
| | | 117.771 N | | 30.924 N mm |
| Restricción fija:27 | 810.335 N | -0.390 N | 36689.292 N mm | -26151.665 N mm |
| | | -29.586 N | | -25733.121 N mm |
| | | 809.794 N | | 32.743 N mm |
| Restricción fija:26 | 692.780 N | 1.172 N | 75232.694 N mm | 65006.463 N mm |
| | | -0.484 N | | -37866.980 N mm |
| | | 692.779 N | | 457.986 N mm |

Tabla 4.9 Fuerza y pares de reacción en restricciones

4.2.1.6.1 RESUMEN DE RESULTADOS ESTÁTICOS

| Nombre | | Mínimo | Máximo |
|----------------------|----------|------------------|-----------------|
| Desplazamiento | | 0.000 mm | 2.998 mm |
| Fuerzas | Fx | -755.098 N | 753.347 N |
| | Fy | -765.765 N | 766.994 N |
| | Fz | -1650.203 N | 1843.720 N |
| Momentos | Mx | -390418.537 N mm | 195209.268 N mm |
| | My | -146515.450 N mm | 110826.227 N mm |
| | Mz | -53768.201 N mm | 53805.151 N mm |
| Tensiones normales | Smax | -3.793 MPa | 56.629 MPa |
| | Smin | -57.563 MPa | 1.722 MPa |
| | Smax(Mx) | 0.000 MPa | 29.436 MPa |
| | Smin(Mx) | -29.436 MPa | 0.000 MPa |
| | Smax(My) | 0.000 MPa | 27.660 MPa |
| | Smin(My) | -27.660 MPa | 0.000 MPa |
| | Saxial | -5.472 MPa | 3.604 MPa |
| Tensión de corte | Tx | -2.717 MPa | 2.723 MPa |
| | Ty | -2.766 MPa | 2.762 MPa |
| Tensiones de torsión | Tz | -111.022 MPa | 110.945 MPa |

Tabla 4,10 Resumen de Esfuerzos Estáticos

4.2.1.6.2 DESPLAZAMIENTO EN LOS EJES

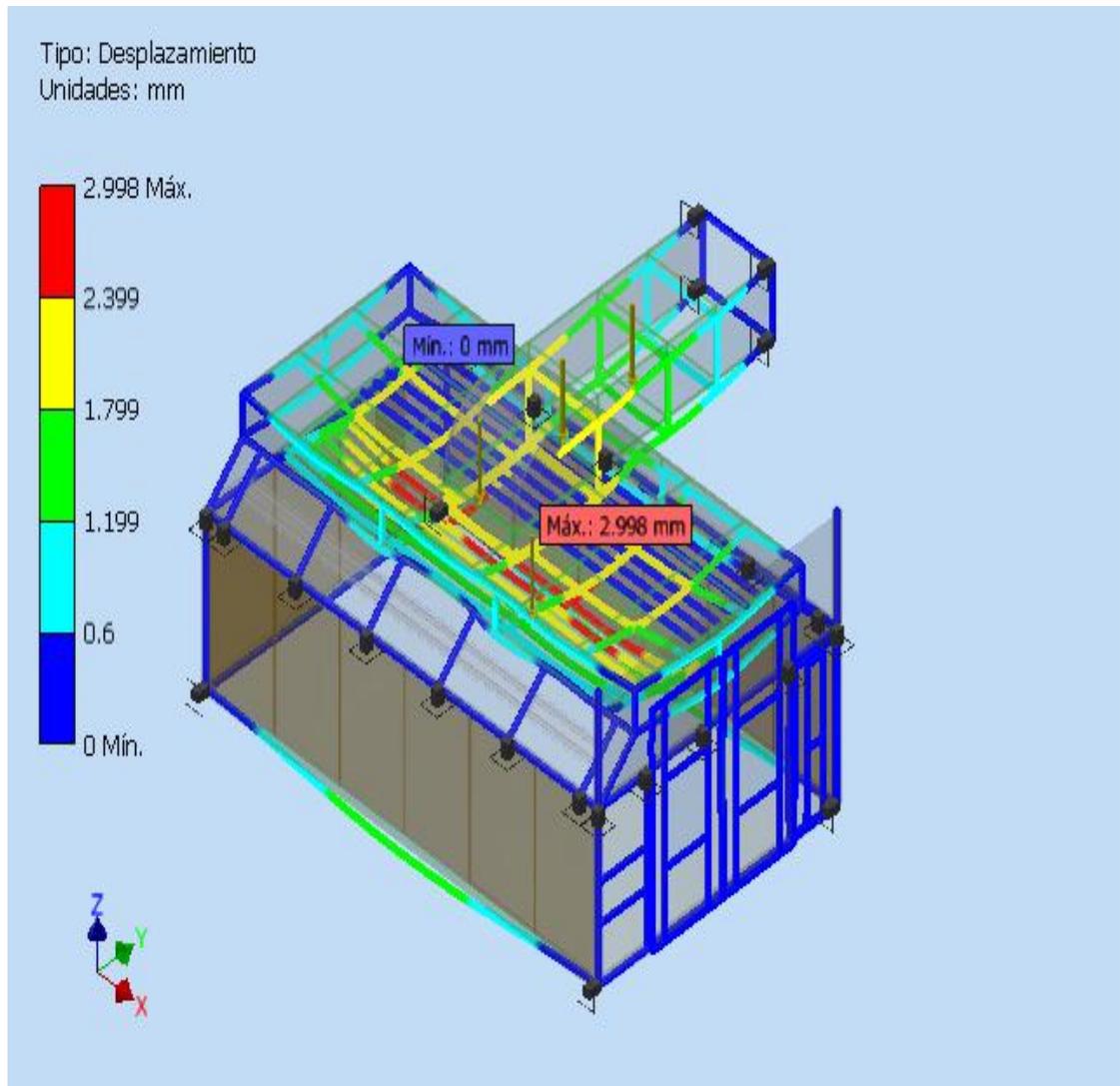


Figura 4.4 Desplazamiento en los ejes x,y,z.

El desplazamiento que existe en la estructura en los ejes x. y. z, en la cual se aprecia que toda la estructura se encuentra sometida a esfuerzos existiendo un punto crítico el mismo que dividiendo para el coeficiente del

acero es permisible y no supera rangos en los que puede estar sometido a esfuerzos elasticidad que supere rangos dentro de lo normal

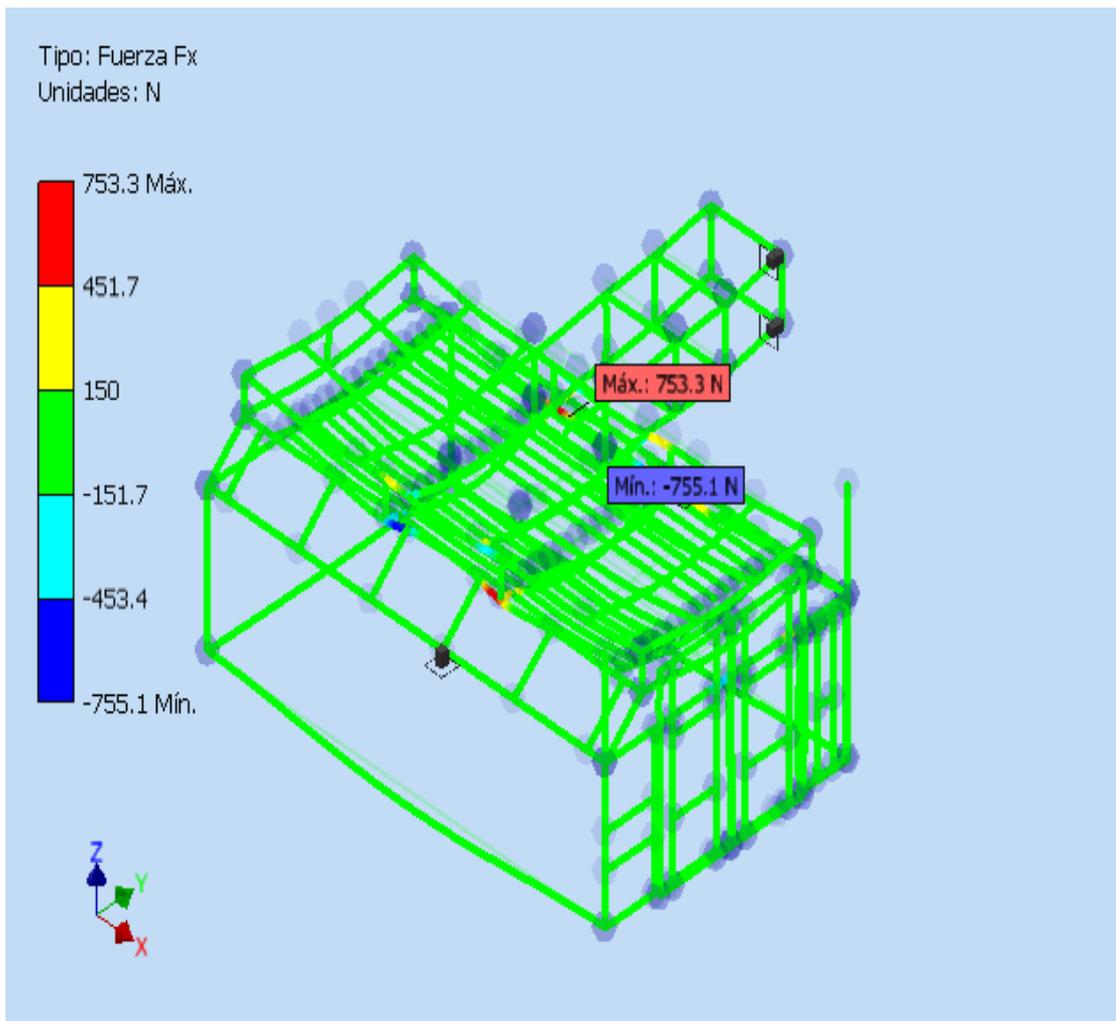


Figura 4.5 Desplazamiento en los ejes x,

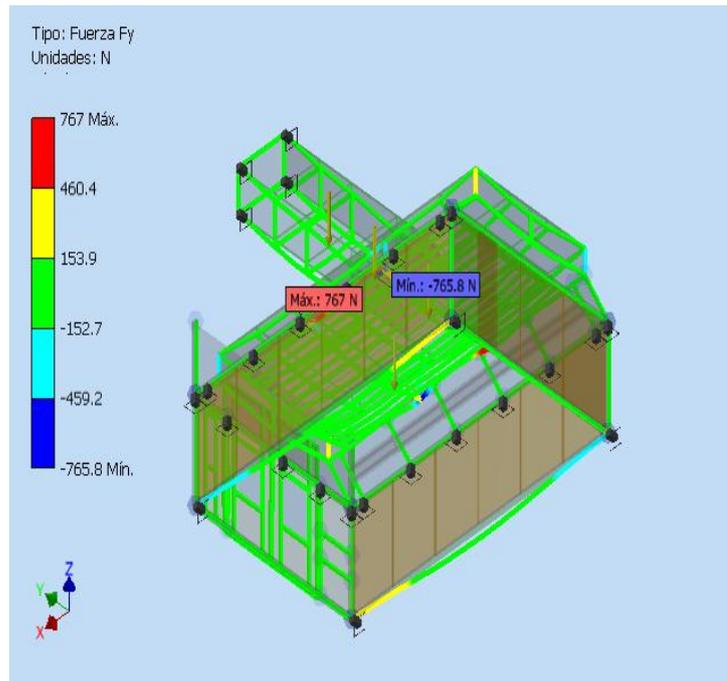


Figura 4.6 Desplazamiento y fuerzas en el eje y

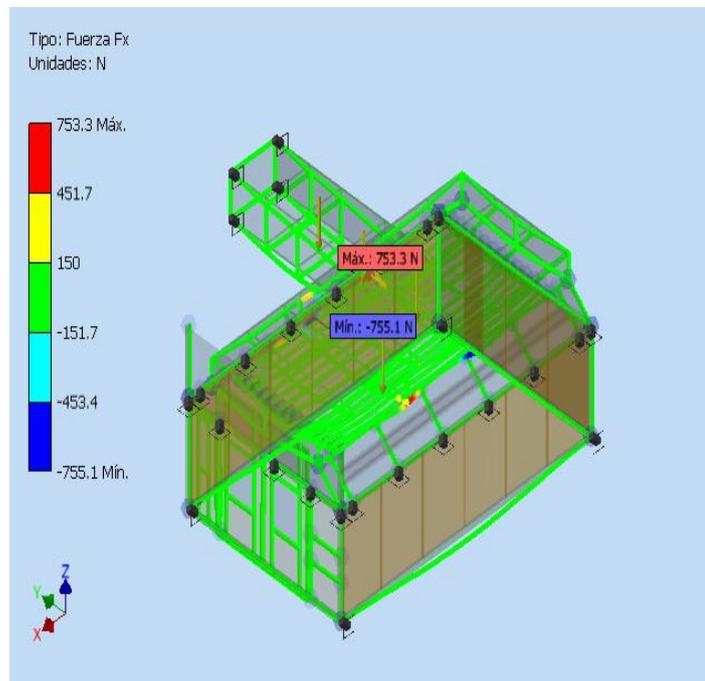


Figura 4.7 Desplazamiento y fuerzas en el eje z

4.2.1.6.3 DESCOMPOSICION DE MOMENTOS EN LOS EJES X, Y, Z



Figura 4.8 Momentos en el eje de las x (Mx)

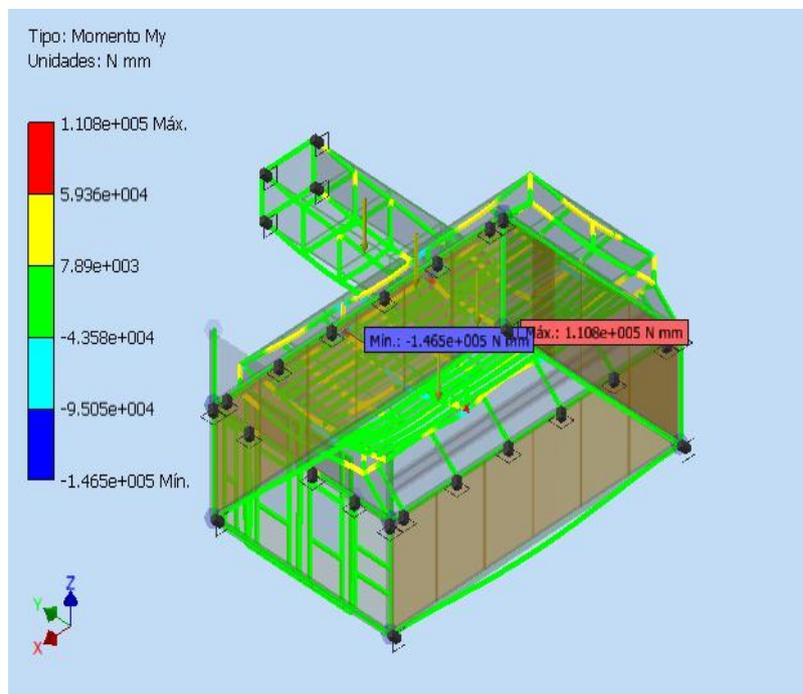


Figura 4.9 Momentos en el eje de las y (My)



Figura 4.10 Momentos en el eje de la z (Mz)

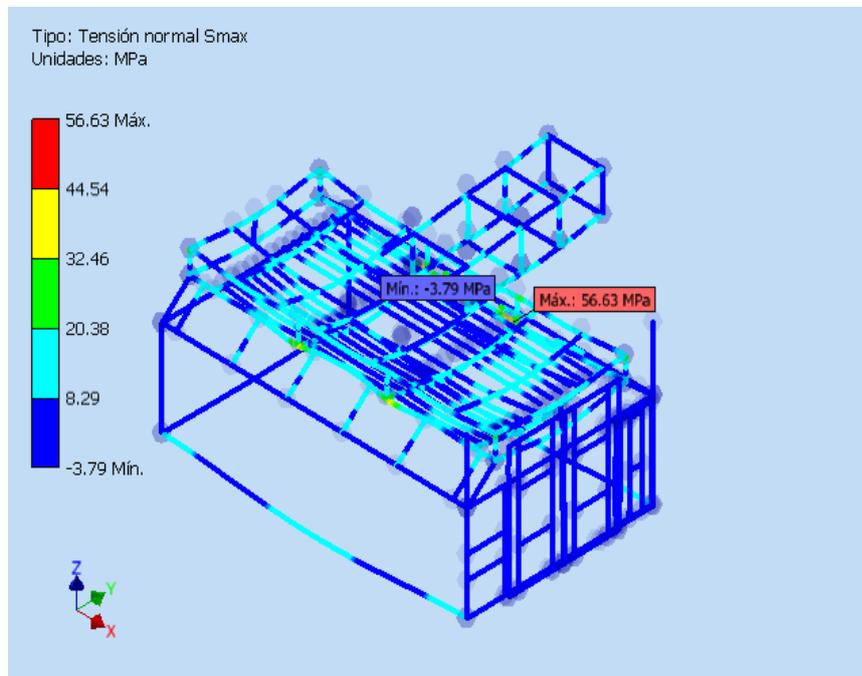


Figura 4.11 Simulación máxima

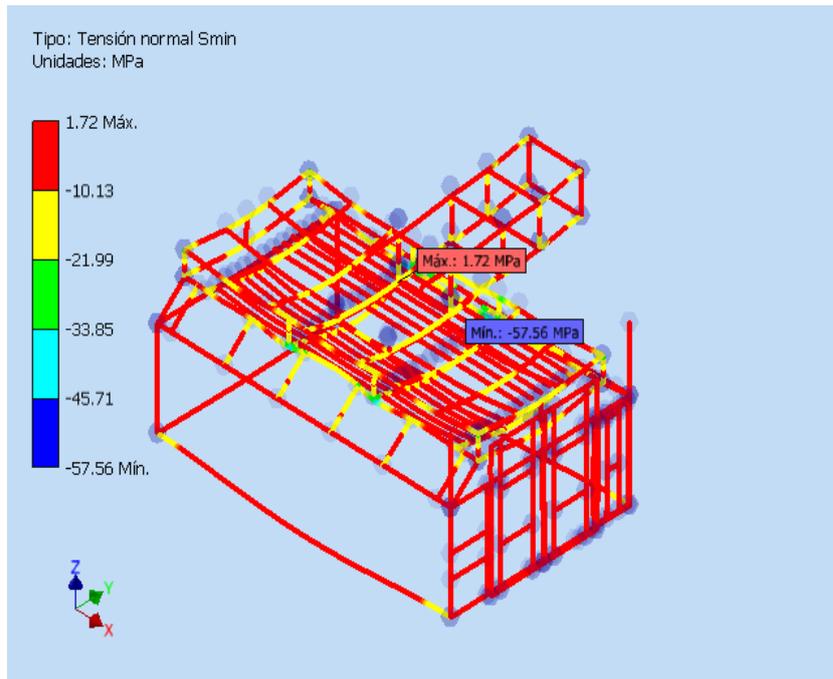


Figura 4.12 Simulación mínima

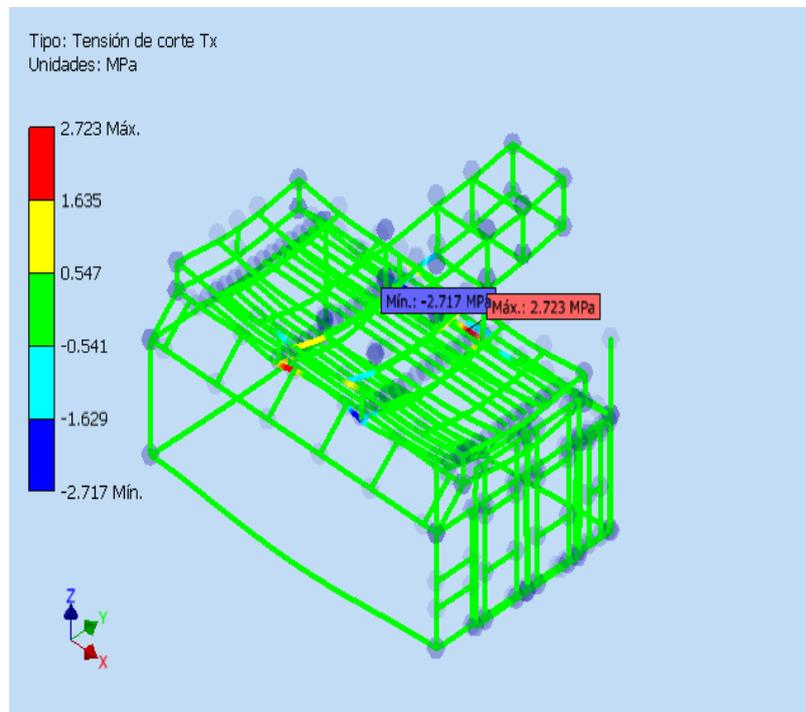


Figura 4.13 Tensión en el eje de las x (Tx)

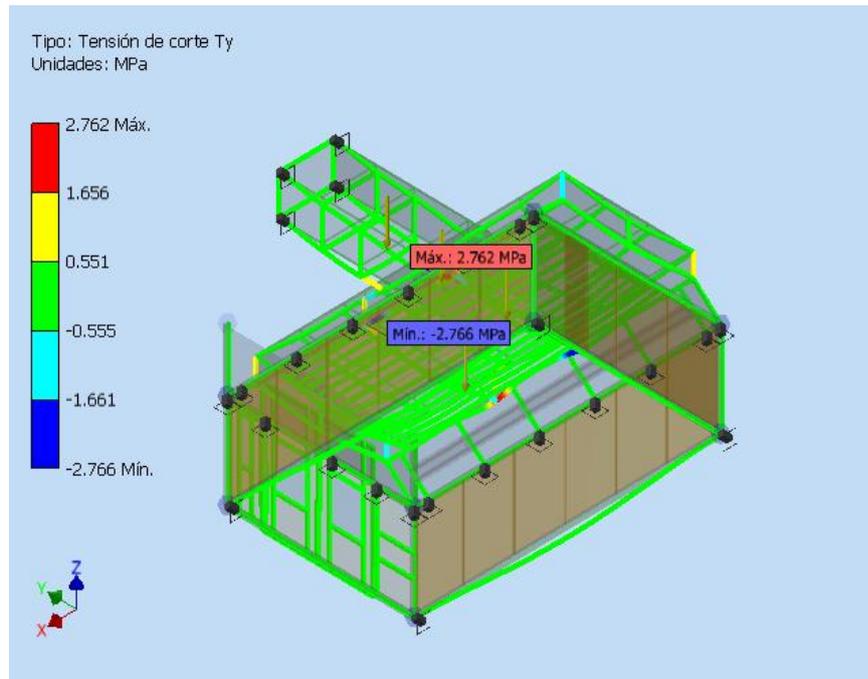


Figura 4.14 Tensión en el eje de las y (T_y)

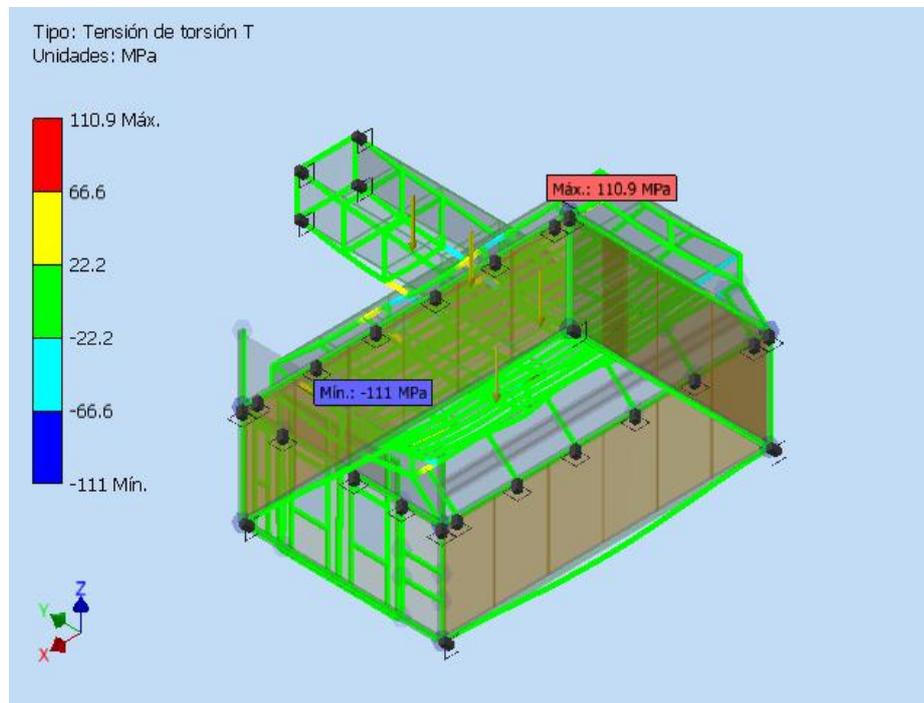


Figura 4.15 Tensión en T

CAPITULO 5

CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE

5.1 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

5.1.1 CÁMARA DE SECADO.

5.1.1.1 DEFINICIÓN DE VARIABLES.

| Nº | Variable | Materiales que obtengan el mayor puntaje | Puntaje |
|----|--|---|---------|
| 1 | Resistencia al fuego | Los que presenten una mayor oposición a la propagación del fuego | 10 |
| 2 | Conductividad Térmica | Los que tengan una baja conductividad térmica | 9 |
| 3 | Costos | Los de menor costos | 8 |
| 4 | Disponibilidad en el mercad mercado | Los que se puedan encontrar fácilmente | 8 |
| 5 | Montaje | Los que ofrezcan la mejor facilidad de montaje y desmontaje | 7 |
| 6 | Transporte | Los que brinden mayor facilidad para ser trasladados | 7 |
| 7 | Ampliación de la Capacidad | Los que sin sufrir daños puedan ser reubicados | 6 |
| 8 | Resistencia a las condiciones climáticas | Los que en climas húmedos presenten mayor resistencia a la corrosión y a la proliferación de hongos | 9 |

Tabla 5.1. Definición de variables.

Cámara de secado. A las variables se les ha asignado un puntaje de acuerdo al criterio de los autores, obteniendo 10 puntos la variable que se considera la más importante.

5.1.1.2 CIMENTACIÓN

Es el lugar donde estará asentada la estructura del horno, se utilizaran zapatas y cadenas de hormigón armado. Las zapatas se las utiliza cuando la carga de la estructura se transmite por pilares y el terreno tiene suficiente resistencia. Las cadenas evitan el desplazamiento de las zapatas. Además el piso deberá tener en el centro un canal en forma de H el cual tiene una pendiente entre 1 y 2% para que exista una mejor fluidez del aire.

5.1.1.3 PAREDES Y TECHO

Para la construcción de las paredes se consideran los siguientes materiales.

- Estructura Tubo cuadrado.
- Paneles de Poluretano: Aislamiento de Poluretano.
- Paneles de aluminio: Aislamiento de lana de vidrio.
- Paneles de lámina galvanizada: Aislamiento de lana de vidrio.

5.1.1.4 MATRIZ DE SELECCIÓN.

Opción 1. Estructura con tubo cuadrado.

Opción 2. Estructura con hormigón armado.

Opción 3. Paneles de poluretano con aislamiento de poluretano.

Opción 4. Paneles de aluminio con aislamiento de lana de vidrio.

Opción 5. Paneles de lámina galvanizada con aislamiento de lana de vidrio.

| VARIABLE | PUNTAJE | OPCION | | | | |
|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Resistencia al fuego | 10 | 10 | 7 | 10 | 5 | 8 |
| Conductividad Térmica | 9 | 9 | 7 | 9 | 7 | 7 |
| Costos | 8 | 6 | 5 | 7 | 3 | 4 |
| Disponibilidad en el mercado | 8 | 8 | 8 | 7 | 5 | 6 |
| Montaje | 7 | 7 | 6 | 7 | 6 | 6 |
| Transporte | 7 | 7 | 0 | 7 | 5 | 4 |
| Ampliación de la Capacidad | 6 | 6 | 3 | 6 | 4 | 4 |
| Resistencia a las condiciones climáticas | 6 | 6 | 6 | 6 | 5 | 5 |
| TOTALES | 70 | 59 | 42 | 59 | 40 | 44 |

Tabla 5.2 Matriz de selección. Cámara de secado.

De los resultados obtenidos en la matriz se elige la opción 1 y la opción 3, ya que es la que en conjunto brinda las mejores características, de acuerdo a los requerimientos de diseño.

5.2 SISTEMA DE CALEFACCIÓN

5.2.1 DEFINICIÓN DE VARIABLES

| Orden | Variable | Disposición de los ventiladores | Puntaje |
|-------|-----------------------|---|---------|
| 1 | Uniformidad de secado | Aquella que garantice una temperatura uniforme en el interior d la cabina-horno | 10 |
| 2 | Flujo adecuado | En la cual el aire no esté sometido a cambios de dirección | 9 |
| 3 | Costo | La de menores costos | 7 |
| 4 | Instalación | Aquella que preste mayor facilidad para su montaje | 6 |
| 5 | Mantenimiento | Aquella que preste mayor facilidad para su chequeo y reparación. | 6 |
| 6 | Estructura del piso | Las que no requieren una estructura adicional para soportar el sistema | 6 |
| 7 | Estructura del Techo | Las que no necesiten una estructura robusta para soportar a los equipos. | 4 |

Tabla 5.3. Definición de variables. Sistema de ventilación.

A las variables se les ha asignado un puntaje de acuerdo al criterio de los autores, obteniendo 10 puntos la variable que se considera la más importante.

5.2.1.1 ALTERNATIVAS VIABLES

Se pueden utilizar ventiladores centrífugos o axiales dependiendo de sus necesidades y aplicaciones, estos tomaran diferentes posiciones de acuerdo al flujo de aire requerido para la aplicación de extraer e impulsar aire de la cabina-horno.

- Ingreso de flujo en la parte superior.
 En forma transversal.

 En forma longitudinal.

- Ingreso de flujo en la parte inferior.
 En forma transversal.

 En forma longitudinal.

- Expulsión de flujo en la parte superior.
 En forma transversal.

 En forma longitudinal.

- Expulsión de flujo en la parte inferior
 En forma transversal.

 En forma longitudinal.

5.2.2 MATRIZ DE SELECCIÓN

Opción 1. Ingreso de flujo parte superior / ventilación transversal

Opción 2. Ingreso de flujo parte superior / ventilación longitudinal.

Opción 3. Ingreso de flujo parte inferior / ventilación transversal.

Opción 4. Ingreso de flujo parte inferior / ventilación longitudinal.

Opción 5. Expulsión de flujo parte superior / ventilación transversal.

Opción 6. Expulsión de flujo parte superior / ventilación longitudinal

.

Opción 7. Expulsión de flujo parte inferior / ventilación transversal.

Opción 8. Expulsión de flujo parte inferior / ventilación longitudinal.

| | | OPCION | | | | | | | |
|-----------------------|---------|--------|----|----|----|----|----|----|----|
| Variable | Puntaje | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Uniformidad de secado | 10 | 5 | 10 | 8 | 6 | 4 | 7 | 6 | 5 |
| Flujo adecuado | 9 | 5 | 9 | 9 | 4 | 7 | 5 | 7 | 6 |
| Costo | 7 | 5 | 7 | 5 | 5 | 6 | 4 | 6 | 5 |
| Instalación | 6 | 5 | 6 | 6 | 5 | 4 | 3 | 4 | 5 |
| Mantenimiento | 6 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 |
| Estructura del piso | 6 | 5 | 6 | 3 | 0 | 0 | 0 | 5 | 5 |
| Estructura del techo | 4 | 2 | 2 | 0 | 3 | 2 | 3 | 3 | 2 |
| Total | 48 | 32 | 45 | 36 | 28 | 28 | 27 | 37 | 35 |

Tabla 5.4 Matriz de selección. Sistema de Ventilación.

De los resultados obtenidos en la matriz se elige la opción 2 y opción 9, ya que es la que en conjunto brinda las mejores características, de acuerdo a los requerimientos de diseño.

5.3 SISTEMA DE COMBUSTION

5.3.1 DEFINICIÓN DE VARIABLES

| Orden | Variable | Disposición de la calefacción que obtendrá el mayor puntaje | Puntaje |
|-------|------------------------|--|---------|
| 1 | Combustión limpia | Los gases de salida que no contaminen demasiado | 9 |
| 2 | Seguridad | El que presente menor riesgo de combustión | 10 |
| 3 | Producción de defectos | Aquel que durante el proceso no afecte la calidad de la pintura | 8 |
| 4 | Costo | El de menor costo | 7 |
| 5 | Eficiencia | Que tenga un alto grado de eficacia con un bajo consumo de combustible | 7 |
| 6 | Instalación | Aquella que preste mayor facilidad para su montaje | 6 |
| 7 | Mantenimiento | Aquella que preste mayor facilidad para su chequeo y reparación | 4 |
| 8 | Estructura adicional | Las que no requieran una estructura adicional | 4 |

Tabla 5.5. Definición de variables. Sistema de Combustión

A las variables se les asignado un puntaje de acuerdo al criterio de los autores, obteniendo 10 puntos la variable que se considera la más importante.

5.3.2 ALTERNATIVAS VIABLES

- Sistema de combustión.
 - Diesel.
 - GLP (gas licuado de petróleo).

- Calentamiento directo.
 - Electricidad.
 - Vapor.

- Calentamiento indirecto.
 - Intercambiador de calor tipo serpentín.

5.3.3 MATRIZ DE SELECCIÓN

Opción 1. Sistema de combustión diesel.

Opción 2 Sistema de combustión GLP.

Opción 3. Calentamiento directo/ electricidad.

Opción 4. Calentamiento directo/ vapor

Opción 5. Calentamiento indirecto / intercambiador tipo serpentín.

| | | OPCIÓN | | | | |
|------------------------|----------------|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Variable | Puntaje | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Combustión limpia | 10 | 7 | 10 | 10 | 9 | 10 |
| Seguridad | 9 | 9 | 8 | 9 | 9 | 9 |
| Producción de defectos | 8 | 6 | 8 | 6 | 6 | 8 |
| Costo | 7 | 5 | 7 | 3 | 4 | 7 |
| Eficiencia | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| Instalación | 6 | 5 | 6 | 5 | 5 | 5 |
| Mantenimiento | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Estructura adicional | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Total | 54 | 50 | 53 | 52 | 47 | 53 |

Tabla 5.6. Matriz de selección. Sistema de Ventilación.

De los resultados obtenidos en la matriz se elige la opción 2 y opción 5, ya que es la que en conjunto brinda las mejores características, de acuerdo a los requerimientos de diseño

5.4 RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS ALTERNATIVAS SELECCIONADAS

5.4.1 CÁMARA DE SECADO

5.4.1.1 CIMENTACIÓN

La cimentación requerida para el secadero básicamente es la misma que se utiliza para la construcción de una vivienda cualquiera, lo que le diferencia es únicamente su uso.

La cimentación consta de zapatas y cadenas de hormigón armado, las cuales estarán ubicadas en la excavación correspondiente

El contrapiso debe resistir el peso del armazón de la cabina sumado el peso del automotor.

5.4.1.2 PAREDES Y TECHO

Se utilizarán paneles de lámina metálica con relleno de poluretano, los cuales estarán soportados por una estructura metálica.

Las puertas serán fabricadas del mismo material que las paredes. El techo al igual que las puertas serán fabricadas del mismo material.

5.4.2 SISTEMA DE VENTILACIÓN

Se utilizarán ventiladores centrífugos, los cuales serán ubicados, el principal el de la parte superior (ingreso de aire) y el secundario en la parte inferior (salida de aire).

5.4.3 SISTEMA DE CALEFACCIÓN

Se empleara un sistema de calefacción indirecta utilizando un intercambiador de calor del tipo serpentín a base de gas GLP.

5.5 CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE

5.5.1 RECURSOS DE FABRICACIÓN

El financiamiento total del presente proyecto proviene de Automotores Santamaría industria automotriz que proviene del sector es una empresa que ha requerido la implementación de una cabina-horno de pintura de tal manera mejorar su producción

5.5.1.1 MANO DE OBRA

Para la realización del proyecto se requiere personal calificado.

- Proyectista
- Proyectista auxiliar
- Soldador.
- Soldador auxiliar.
- Operario 1.

- Operario 2.

5.5.1.2 MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS

Se determinara la maquinaria, herramientas a ser utilizada.

Maquinaria:

- Corte plasma

Entradas:

Voltaje 220v

Aire comprimido

Salida:

Corte.

- Corte Oxi-Acetileno

Entradas:

Tanque Oxigeno

Tanque Acetileno.

Chispa.

Salida.

Corte.

- Maquina soldadora para eléctrodo.

Entrada.

Voltaje 220v

Eléctrodo específico.

Salida:

Union de aceros vários

- Maquina soldadora MIG.

Entrada:

Voltaje 220v

Alambre específico.

Tanque de dióxido de carbono (CO₂).

Salida:

Unión de acero, correcta penetración de hasta espesores de 4mm.

- Roladora.

Entrada:

Voltaje 220v.

Placa de acero.

Salida:

Placa rolada.

- Polipasto.

Entrada:

Voltaje 220v.

Salida:

Elevación de carga.

- Monta carga.

Entrada:

Combustible -Diesel.

Operario.

Uñas de agarre.

Salida:

Elevación de carga.

- Moldadora.

Entrada:

Voltaje 110v

Disco de desbaste.

Disco de corte.

Salida:

Corte de acero.

Desbaste de acero.

- Sierra.

Entrada:

Voltaje 220v

Hoja de sierra.

Salida:

Corte de acero de hasta 3 pulg de ancho.

Herramientas.

- Chispero.
- Juego de llaves de boca.
- Juego de desarmadores.
- Juego de dados.
- Flexo metro.
- Rayador.

5.5.2 DIAGRAMA DE PROCESO

Para la optimizar el tiempo y los gastos en la construcción de nuestro proyecto hemos optado por aplicar diagramas de operación de proceso. Los diagramas de operación de procesos muestran todo el manejo, inspección, operaciones, almacenaje y retrasos que ocurren con cada componente durante la construcción del proyecto. Se emplean símbolos convencionales para describir los pasos del proceso. Estos símbolos han sido adoptados por todas las organizaciones profesionales que realizan estudios de tiempos y movimientos.

5.5.2.1 OPERACIÓN (○)

Tiene lugar una operación cuando se altera intencionadamente un objeto en cualquiera de sus características físicas o químicas, cuando es montado en otro o desmontado, o cuando se dispone o prepara para otra operación, transporte, inspección o almacenaje. También tiene lugar una operación, cuando se da o recibe información o cuando se hace un cálculo o planteamiento

5.5.2.2 INSPECCIÓN (□)

Tiene lugar una inspección cuando se examina un objeto para su identificación o se verifica en cuanto a calidad o cantidad en cualquiera de sus características.

5.5.2.3 TRANSPORTE (⇨)

Tiene lugar un transporte cuando se mueve un objeto de un lugar a otro, salvo cuando el movimiento forma parte de la operación o es originado por el operario en el puesto de trabajo durante una operación o una inspección.

5.5.2.4 ALMACENAJE (▽)

Tiene lugar un almacenaje cuando se guarda o protege un objeto de forma que no se puede retirar sin la correspondiente autorización.

5.5.2.5 RETRASO (◻)

Tiene lugar una demora cuando las circunstancias, excepto las inherentes al proceso, no permiten la ejecución inmediata de la acción siguiente, conforme a lo planeado.

5.5.2.6 ACTIVIDAD COMBINADA

Cuando se desea indicar actividades realizadas a la vez, o por el mismo operario, en el mismo puesto de trabajo, se combinan los símbolos correspondientes a estas actividades. Por ejemplo el círculo colocado dentro del cuadrado representa una combinación de operación e inspección.

5.5.3 ELABORACIÓN DEL DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO.

5.5.3.1 FASE DE CONSTRUCCION DE COMPONENTES

Dentro del capítulo de construcción de la cabina-horno existen varios componentes y para una mejor comprensión se ha realizado una tabla de cada uno de los pasos efectuados para la conformación de estos de tal manera indicando de forma individual su construcción y montaje evitando el desorden, optimizando tiempos de trabajo y repetición de acciones tomadas

5.5.3.2 DIAGRAMA DE CAMARA DE SECADO

| RESUMEN | ACTUAL | | PROPUESTO | | DIFERENCIA | | |
|---------|--|--------|-----------|----------|------------|---------|---|
| | NUM | TIEM P | NUM | TIEM P | NUM | TIEM P | |
| PASOS | DETALLES DEL PROCESO | | operaci | transpor | inspecci | retraso | |
| 1 | Se toma de la bodega | | ● | | | | |
| 2 | Se lleva hasta el lugar de trabajo | | | ➔ | | | |
| 3 | Se toma y se traza el lugar en el que se van a colocar los elementos | | ● | | | | |
| 4 | Se toma la trosadora | | | | | | ■ |
| 5 | Se realiza el corte en los tubos cuadrados | | ● | | | | |
| 6 | Se verifica los cortes | | | | ■ | | |
| 7 | Se coloca a escuadra | | ● | | | | |
| 8 | Se suelda los tubos a escuadra | | ● | | | | |
| 9 | Se toma la moladora | | | | | | ■ |

| | | | | | |
|----|---|---|---|---|---|
| 10 | Se rebaja rebabas e imperfecciones | ● | | | |
| 11 | Se verifica las uniones | | | ■ | |
| 12 | Se comprueba que se ensamble correctamente | | | ■ | |
| 13 | Se toma los paneles de poluretano de la bodega | ● | | | |
| 14 | Se traslada los paneles al lugar de trabajo | | ➔ | | |
| 15 | Se mide los paneles | ● | | | |
| 16 | Se toma el taladro | | | | ■ |
| 17 | Se realiza perforaciones en los paneles para ensamble sobre la estructura | ● | | | |
| 18 | Se verifica las perforaciones | | | ■ | |
| 19 | Se procede a ensamblar los paneles sobre la estructura | ● | | | |
| 20 | Se toma la remachadora | | | | ■ |
| 21 | Se verifica que esten alineados | ● | | | |

| | | | | | |
|----|---|---|--|--|--|
| 22 | Se procede asegurar los paneles contra la estructura | ● | | | |
| 23 | En espera de otras operaciones | | | | |

5.5.3.3 DIAGRAMA CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE TUBOS

| TABLA DE SECUENCIA DE TRABAJO | | | | | | | | |
|--|------------------------------------|--------|-----------|--------|-------------|--------|---------------|------|
| <input checked="" type="checkbox"/> METODO ACTUAL <input type="checkbox"/> METODO PROPUESTO N° 02 | | | | | | | | |
| DESCRIPCION DE LA PARTE: Construcción de banco de tubos | | | | | | | | |
| DESCRIPCION DE LA OPERACION: Corte de Tubos y Formación del Banco de Tubos | | | | | | | | |
| RESUMEN | ACTUAL | | PROPUESTO | | DIFERENCI A | | ANALISIS | |
| | NUM | TIEM P | NUM | TIEM P | NUM | TIE MP | | |
| | | | | | | | Estudiado por | |
| PAS | DETALLES DEL PROCESO | | | oper | trans | insp | retra | alma |
| 1 | Se toma de la bodega | | | ● | | | | |
| 2 | Se lleva hasta el lugar de trabajo | | | | ➔ | | | |
| 3 | Se toma y se traza las medidas | | | ● | | | | |
| 4 | Se lleva hacia la mesa de corte | | | | ➔ | | | |

| | | | | | | |
|----|---|---|--|---|---|--|
| 5 | Se coloca en el tornillo del banco | ● | | | | |
| 6 | Se realiza el corte de tubos | ● | | | | |
| 7 | Cambio de herramienta | | | | ■ | |
| 8 | Se retira la rebaba | ● | | | | |
| 9 | Se verifica las medidas | | | ■ | | |
| 10 | Se marca la parte superior de la caldera la posición de los tubos | ● | | | | |
| 11 | Cambio de herramienta | | | | ■ | |
| 12 | Se realiza las perforaciones (suelda autógena) | ● | | | | |
| 13 | Se verifica el numero y las dimensiones | | | ■ | | |
| 14 | Cambio de herramienta | | | | ■ | |
| 15 | Se coloca un tubo a escuadra | ● | | | | |
| 16 | Se coloca puntos de suelda (6011) | ● | | | | |
| 17 | Verificamos que este a | | | ■ | | |

| | | | | | | |
|----|---|---|---|---|---|--|
| | escuadra | | | | | |
| 18 | Se suelda el total de las planchas (6011) | ● | | | | |
| 19 | Reforzamos el cordón (7013) | ● | | | | |
| 20 | Nos trasladamos a la bodega | | | | ■ | |
| 21 | Se toma de bodega un plancha de acero | ● | | | | |
| 22 | Se lleva hacia el lugar de trabajo | | → | | | |
| 23 | Se toma y se traza las medidas | ● | | | | |
| 24 | Se trae la suelda autógena | | | | ■ | |
| 25 | Se corta la plancha | ● | | | | |
| 26 | Se espera que se enfríe | | | | ■ | |
| 27 | Se verifica las medidas | | | ■ | | |
| 28 | Se toma y se traza las medidas de los tubos | ● | | | | |
| 29 | Se realiza las perforaciones | ● | | | | |
| 30 | Cambio de herramienta | | | | ■ | |

| | | | | | | |
|----|---|---|--|---|--|--|
| 31 | Se coloca en la parte superior del banco de tubos | ● | | | | |
| 32 | Se coloca puntos de suelda (6011) | ● | | | | |
| 33 | Verificamos que este a escuadra | | | ■ | | |
| 34 | Reforzamos el cordón de suelda (7013) | ● | | | | |
| 35 | Se verifica el trabajo realizado | | | ■ | | |

5.5.3.4 DIAGRAMA VENTILADORES E INTERCAMBIADOR

| RESUMEN | ACTUAL | | PROPUESTO | | DIFERENCIA | |
|---------|--|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|
| | NUM | TIEM P | NUM | TIEM P | NUM | TIEM P |
| PASOS | DETALLES DEL PROCESO | | operaci | transpor | inspecci | retraso |
| 1 | Se toma de la bodega | | ● | | | |
| 2 | Se lleva hasta el lugar de trabajo | | | ➔ | | |
| 3 | Se toma y se traza las medidas | | ● | | | |
| 4 | Se coloca en la parte posterior del intercambiador | | ● | | | |
| 5 | Se coloca puntos de suelda | | ● | | | |
| 6 | Se comprueba que este bien alineado | | | | ■ | |
| 7 | Se suelda el total de las planchas (6011) | | ● | | | |
| 8 | Se verifica la unión del | | | | ■ | |

| | | | | | |
|----|---|---|--|---|---|
| | intercambiador | | | | |
| 9 | Se refuerza los cordones de suelda (7013) | ● | | | |
| 10 | Verificamos el trabajo | | | ■ | |
| 11 | En espera de otras operaciones | | | | ● |

5.5.3.5 DIAGRAMA INSTALAR MOTORES DE INYECCIÓN Y EXPULSIÓN

| RESUMEN | ACTUAL | | PROPUESTO | | DIFERENCIA | |
|---------|---|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|
| | NUM | TIEM P | NUM | TIEM P | NUM | TIEM P |
| PASOS | DETALLES DEL PROCESO | | operaci | transpor | inspecci | retraso |
| 1 | Se toma de la bodega | | ● | | | |
| 2 | Se toma una plancha de acero de la bodega | | ● | | | |
| 3 | Se lleva hasta el lugar de trabajo | | | ➡ | | |
| 4 | Se toma y se traza las medidas en la plancha de acero | | ● | | | |
| 5 | Se lleva hacia la mesa de corte | | | ➡ | | |
| 6 | Se toma la suelda autógena | | | | | ● |
| 7 | Se realiza el corte | | ● | | | |
| 8 | Se retira la rebaba | | ● | | | |

| | | | | | |
|----|--|---|--|---|--|
| 9 | Se verifica las medidas | | | ■ | |
| 10 | Se coloca en el intercambiador de calor a escuadra | ● | | | |
| 11 | Se coloca los puntos de suelda | ● | | | |
| 12 | Se comprueba que este bien colocado | | | ■ | |
| 13 | Se suelda el total de la plancha al intercambiador de calor (6011) | ● | | | |
| 14 | Se verifica la unión de la plancha al intercambiador de calor | | | ■ | |
| 15 | Se refuerza los cordones de suelda (7013) | ● | | | |
| 16 | Se coloca el motor en su posición | ● | | | |
| 17 | Se revisa que este bien asegurado | | | ■ | |
| 18 | Se toma de la bodega una varilla | ● | | | |
| 19 | Se toma y de traza las | ● | | | |

| | | | | | |
|----|--|---|---|---|---|
| | medidas | | | | |
| 20 | Se lleva hacia la mesa de corte | | ➡ | | |
| 21 | Se coloca en el tornillo de banco | ● | | | |
| 22 | Se realiza el corte | ● | | | |
| 23 | Cambio de herramienta | | | | ◐ |
| 24 | Se verifica las medidas | | | ■ | |
| 25 | Colocamos las varillas como tensores para el motor | ● | | | |
| 26 | Cambio de herramienta | | | | ◐ |
| 27 | Se coloca puntos de suelda | ● | | | |
| 28 | Se comprueba que este bien alineados | | | ■ | |
| 29 | Se suelda el total de tensores (6011) | ● | | | |
| 30 | Se verifica la posición de los tensores | | | ■ | |
| 31 | Se refuerza los cordones de suelda (7013) | ● | | | |

| | | | | | |
|----|--|---|--|---|--|
| 32 | Verificamos el trabajo | | | ■ | |
| 33 | Tomamos de la bodega la banda de unión | ● | | | |
| 34 | Verificamos el trabajo | | | ■ | |

5.5.3.6 DIAGRAMA MONTAJE DUCTOS-CHIMENEA

| RESUMEN | ACTUAL | | PROPUESTO | | DIFERENCIA | | |
|---------|---|--------|-----------|---------|------------|----------|---------|
| | NUM | TIEM P | NUM | TIE MP | NUM | TIEM P | |
| PASOS | DETALLES DEL PROCESO | | | operaci | transpor | inspecci | retraso |
| 1 | Se toma de la bodega | | | ● | | | |
| 2 | Se lleva hasta el lugar de trabajo | | | | ➔ | | |
| 3 | Se toma el intercambiador de calor de la bodega | | | ● | | | |
| 4 | Se toma y se traza el lugar de las perforaciones en el I.C. | | | ● | | | |
| 5 | Se toma el taladro | | | | | | ● |
| 6 | Se realiza la perforación | | | | | ■ | |
| 7 | Se verifica la alineación de las perforaciones | | | | | ■ | |
| 8 | Cambio de herramienta | | | | | | ● |
| 9 | Se coloca el embudo | | | ● | | | |

| | | | | | |
|----|-------------------------------------|---|--|---|--|
| 10 | Se colca los pernos | ● | | | |
| 11 | Se comprueba que este bien alineado | | | ■ | |
| 12 | Se verifica la unión del embudo | | | ■ | |
| 13 | Verificamos que se encuentre bien | | | ■ | |
| 14 | En espera de otras operaciones | | | | |

CAPITULO 6

PRUEBAS DE OPERACIÓN Y FUNCIONAMIENTO

6.1 VERIFICACIÓN DE FUNCIONAMIENTO

| <i>HOJA DE FUNCIONAMIENTO</i> | | | | | | | |
|--|--|---|--|------------------|--|---------------|--|
| <i>Fecha:</i> | | | | <i>Vehículo:</i> | | | |
| <i>Técnico:</i> | | | | <i>Hora:</i> | | | |
| <i>Observaciones:</i> | | | | | | | |
| <i>Lámparas R-h</i> | | | | | | | |
| 1 | | 2 | | 3 | | 4 | |
| <i>Lámparas L-H</i> | | | | | | | |
| 5 | | 6 | | 7 | | 8 | |
| <i>Puerta Ingreso Vehículo:</i> | | | | | | | |
| <i>Bueno</i> | | | | <i>Malo</i> | | | |
| <i>Puerta Ingreso Técnico</i> | | | | | | | |
| <i>Bueno</i> | | | | <i>Malo</i> | | | |
| <i>Ducto Ingreso:</i> | | | | | | | |
| <i>Obstruidos</i> | | | | <i>Libres</i> | | | |
| <i>Ducto salida</i> | | | | | | | |
| <i>Obstruidos</i> | | | | <i>Libres</i> | | | |
| <i>Filtros</i> | | | | | | | |
| <i>Entrada</i> | | | | <i>Suelo</i> | | <i>Salida</i> | |
| <i>Intercambiador:</i> | | | | | | | |
| <i>ON</i> | | | | <i>OFF</i> | | | |
| <i>Motor Inyección</i> | | | | | | | |
| <i>ON</i> | | | | <i>OFF</i> | | | |
| <i>Motor Expulsión</i> | | | | | | | |
| <i>ON</i> | | | | <i>OFF</i> | | | |
| <i>Luces Emergencia de motores</i> | | | | | | | |
| <i>ON</i> | | | | <i>OFF</i> | | | |
| <i>Luces de Emergencia de Lámparas:</i> | | | | | | | |
| <i>Obstruidos</i> | | | | <i>Libres</i> | | | |
| <i>Luces de emergencia del Intercambiador:</i> | | | | | | | |
| <i>Obstruidos</i> | | | | <i>Libres</i> | | | |

Tabla 6.1 Hoja de funcionamiento

6.2 PARÁMETRO DE PRUEBAS

6.2.1 TEMPERATURA CÁMARA DE SECADO

La temperatura es constante al momento de pintar como al de secado o curado sin esta esta varié en un porcentaje mayor al 20% de la temperatura ideal

Temperatura pintada: $22^{\circ}\text{C} \pm 20\%$

Temperatura secado: $70^{\circ}\text{C} \pm 20\%$.

6.2.2 VELOCIDAD DEL AIRE

Dentro del recinto de la cámara existe fluidez de aire en sentido horizontal de la parte alta al sector bajo tomando la forma de silueta del vehículo a pintar y esta es de 2m/seg.

6.2.3 TIEMPO DE CALENTAMIENTO DE LA CAMARA.

Después de pintado a temperatura ideal de 22°C se enciende el quemador y la temperatura ideal de 70°C alcanzara en el menor tiempo de reacción evitando que este tarde más de lo deseado produciéndose mayor consumo de combustible el tiempo es de 15min.

6.2.4 TIEMPO CIERRE DAMPER

En la fase de secado para evitar el consumo excesivo de combustible y mantener la temperatura ideal de curado se acciona el motor del dámper el cual completa el ciclo de cierre en 30seg a velocidad de 0.02m/seg.

6.3 TOMA DE DATOS

| PARAMETROS | | MUESTRAS | | | |
|---------------------------------------|-----------|----------|------|------|------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Temperatura cámara secado | °C max | 73 | 71 | 70 | 72 |
| | °C min | 20 | 23 | 22 | 22 |
| Velocidad aire Cámara Secado | V | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Tiempo Calentamiento Cámara secado | T | 15 | 14 | 17 | 15 |
| Tiempo Cierre Damper de Ducto | T | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 |

Tabla N°6.1 Valores resultantes de pruebas.

6.4 ANÁLISIS DE DATOS

Después de realizar varias muestras para obtener mayor precisión en el desenvolvimiento del trabajo de la cabina-horno con la ayuda de termómetros de temperatura, cronómetros de tiempo, pirómetros de velocidad se recogió varios datos los mismos que arrojan como resultados parámetros que se encuentran dentro de los límites normales y aceptable por lo cual los motores, quemadores y sensores están trabajando en óptimas condiciones prestando garantías de trabajo

Temperatura Cámara de Secado.

Se realizó cuatro muestras en diferentes días y horas del día,

El primer resultado se lo realizo 6 am de la mañana y temperatura ambiente de 12°C.

El segundo resultado se lo realizo a las 10am y temperatura ambiente 15°C.

El tercer resultado se lo realizo a las 2pm de la tarde y temperatura ambiente 17 °C.

El cuarto y último resultado se lo realizo a las 6pm de la tarde y temperatura ambiente 14°C.

Una vez concluido el muestreo se puede indicar que mientras la temperatura ambiente es baja la temperatura max esta es mayor mientras la temperatura ambiente es alta la temperatura max es estable y la ideal pero considerando los rango de error que estos son de +/- 2% se establece que los valores son correctos.

Velocidad Aire Cámara Secado

Velocidad dentro del recinto o cámara esta debe ser constante para evitar turbulencia de aire dificultando la salida de flujo al exterior por lo cual se realizó cuatro muestras de valores las mis mismas que se indican

Primera muestra 2m/seg..

Segunda muestra 2m/seg.

Tercera muestra 2m/seg..

Cuarta muestra 2m/seg..

Después de realizar la toma de valores indican que son constantes que no tienen variación demostrando que no existe turbulencia.

Tiempo de calentamiento de la Cámara.

El tiempo de calentamiento se tomó en cuatro ocasiones y corresponde al tiempo en el que alcanza los 70°C de temperatura óptima para el curado de la chapa, al revisar la (tabla7.1) a menor temperatura ambiente menor tiempo en alcanzar los 70°C y a mayor temperatura ambiente mayor tiempo en alcanzar los 70°C

Tiempo de cierre de Dámper

De igual manera que en los casos anteriores se tomó cuatro muestras en función del tiempo indicando en cada una estas constante el tiempo de abertura y cierre de tal manera indicando que se encuentra el motor de pasos en condiciones normales y trabajando en las condiciones requeridas sin que exista alteración en la fase recirculación de aire ni en el escape de aire por el ducto de salida.

CAPITULO 7

ANÁLISIS ECONÓMICO Y FINANCIERO

7.1 ESTUDIO DE MERCADO

7.1.1 METODOLOGÍA.

En el presente capítulo, como una técnica de recolección de datos, se aplicara una encuesta dirigida a evaluar las condiciones de demanda de los clientes potenciales dentro de la provincia, estableciendo la capacidad de oferta por parte de nuestro establecimiento de servicio de chapa y pintura automotriz y la demanda reciproca por parte del cliente.

Por lo anterior, se ha estimado el desarrollo de muestreo aleatorio simple, es decir, se puede aplicar el cuestionario a cada elemento que sea parte de la población objetivo, determinando el tamaño de la muestra tanto para personas naturales como para empresas públicas y privadas, estableciendo un error muestral adecuado y se estima un nivel de confiabilidad (95%) para la validez de los datos estadísticos obtenidos en la encuesta.

7.1.2 IDENTIFICACIÓN DE LOS PRODUCTOS/SERVICIOS.

Los productos y servicios ofrecidos por parte de AUTOMOTORES SANTAMARIA en el área de pintado automotriz al horno se compone absolutamente de pintura polurietano y específicamente en marca glasurit garantizando el terminado.

7.1.3 TAMAÑO DE LA MUESTRA

Para el cálculo óptimo de la muestra el segmento del mercado al cual se orienta el presente proyecto se divide en dos estratos que a continuación se detallan.

| ESTRATO | CANT |
|---|---------------|
| Personas naturales que poseen vehículos | 19.596 |
| Empresas públicas y privadas | 687 |
| TOTAL | 20.283 |

Tabla N°7.1 Tamaño de muestra

7.1.4 ANÁLISIS DE LA DEMANDA.

El objetivo fundamental de un taller de chapa y pintura, no hay que olvidarlo, es dar un servicio satisfactorio al cliente. Así, además de esa fidelización, no sólo habrá ganado un cliente, sino también, y cara al futuro, a los clientes potenciales de su círculo social.

Económicamente hablando, pintando el coche en una instalación de pintura, el vehículo obtiene un acabado como recién salido de fábrica. Además, los tiempos de secado son más cortos y el profesional puede realizar el pintado de varios coches al día.

7.1.4.1 DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DEL MERCADO DE CONSUMO

Está determinada por la constante falta de calidad en el servicio de chapistería y pintado de vehículos como resultado del ineficiente y en su mayoría nulo contingente tecnológico que el sector posee con respecto al gran adelanto que la industria automotriz ha conseguido dentro del ámbito de los calores y acabados.

El mercado potencial de este tipo de servicio está conformado principalmente por los siguientes grupos empresariales y particulares.

- 1) Aseguradoras y reaseguradoras de vehículos.
- 2) Empresas estatales y privadas que poseen un parque automotor superior a 10 vehículos.
- 3) Clientes particulares, indiferente del número de vehículos que estos pudieren disponer.

7.1.4.2 PROYECCIÓN DE LA DEMANDA

Se entiende por demanda la cantidad de bienes y servicios que el mercado requiere o solicita para buscar la satisfacción de una necesidad específica a un precio determinado. Tiene como propósito determinar la posibilidad de participación del proyecto en la satisfacción de dicha demanda.

Para calcular cuantitativamente la evaluación de la demanda se ha recopilado estadísticamente datos acerca de talleres automotrices que brindan este tipo de servicio, pudiendo de esta manera llegar determinar que en la provincia de Cotopaxi jamás ha existido este tipo de servicio automotriz.

7.1.5 ANÁLISIS DE LA OFERTA

La oferta es la cantidad de un determinado bien o servicio que un cierto número de oferentes están dispuestos a poner a disposición del mercado a un precio establecido.

Las cabinas de pintado prácticamente no existen ya que las que aparentemente existen no cuenta con la tecnología para que estas se han consideradas cabinas de pintado en la provincia de Cotopaxi, por lo que se considera que se trata de un mercado potencial.

Una vez evaluada la información obtenida de las empresas encuestadas, se pudo determinar que todas superan los 10 empleados por lo que se les considera empresas de mediano tamaño. Sin embargo la capacidad de servicio promedio de los 10 talleres en estudio es de 40 automóviles mensuales.

Conocedor que la cantidad de vehículos que necesitan refacción de primera calidad es considerable, podemos darnos cuenta que la oferta del servicio existente es insuficiente para satisfacer plenamente al crecimiento del parque automotor y la demanda de los usuarios en busca de conseguir un servicio garantizado y sobre todo de calidad a pesar que existen centros de reparación que tienen un buen nivel de calidad.

7.1.5.1 ANÁLISIS DE PRECIOS

Para un análisis serio se realizó la toma de una muestra dentro de los talleres de similares condiciones que Automotores Santamaría como se detalla a continuación:

| TALLERES | Valor Pintura |
|------------------|---------------|
| Talleres Lascano | 750 |
| Talleres Niágara | 700 |
| Talleres Autolat | 720 |
| Talleres Parra | 680 |

TablaN°7.2 Muestra de talleres en costos

$$\sum v = \frac{tl + tn + ta + tp}{4}$$

Ec: 7.1

Donde.

$\sum v$ = Suma promedio de vehículos

tl = talleres Lazcano

tn =talleres niagara

ta =talleres autolat

tp = talleres parra

$$\sum v = 712 \text{ USD}$$

Los precios obtenidos de taller a taller poseen una pequeña diferencia, existiendo un precio promedio al consumidor final de USD 712 por el proceso de pintura total del vehículo; pero tomando en consideración que nuestro propósito está centrado en abaratar los costos ya que la cabina fije diseñada y construida íntegramente por nosotros y tomando en cuenta que no hemos pagado aranceles correspondientes a importación y transporte, hemos creído conveniente en principio fijar el valor de la pintura total de un vehículo en USD 680.

7.1.6 CANALES DE COMERCIALIZACIÓN

A nivel nacional, hemos podido constatar que la mayor parte de talleres que ofrecen estos servicios no se han visto en la necesidad de hacer esfuerzo en la comercialización de su producto ya que existe una bien marcada superioridad de la demanda con respecto a la oferta.

En nuestra provincia en los últimos años se han creado talleres de similares condiciones lo cual nos lleva a tener un plan de comercialización del servicio, la empresa ha tenido a criterio propio realizarlo a través de medios de comunicación como: canal de televisión local, periódico local, volantes, pancartas.

7.2 INVERSIÓN INICIAL DEL PROYECTO.

La inversión es la aplicación de los recursos financieros estimados a incrementar los activos fijos o financiero de una cantidad. La inversión total del proyecto es de 1.2000 dólares

| INVERSION | VALOR |
|--------------------------------|---------------|
| Adecuación del área física | 600 |
| Intercambiador de calor | 1.100 |
| Paneles de poluretano | 2.100 |
| Estructura del armazón | 1.000 |
| Lámparas y tablero de control | 1.400 |
| Rejillas metálicas | 650 |
| Motores impulsión y extracción | 1.600 |
| Quemador de calor | 1.200 |
| Filtro techo y piso | 900 |
| Ductos de ingreso y salida | 700 |
| Sueldas, pernos, discos, cable | 100 |
| Ensamblaje total | 650 |
| TOTAL | 12.000 |

Tabla N°7.3 Costo inicial del proyecto

7.2.1 COSTO DE OPERACIÓN DEL PROYECTO

7.2.1.1 COSTOS OPERATIVOS

Los costos de producción de servicios involucran como costo directo las materias primas y materiales necesarios para efectuar el proceso de pintado en cada vehículo.

| MATERIALES | CANTIDAD | COSTO |
|-----------------------|----------|-------|
| Masilla plástica | 1 lb | 4,5 |
| Masilla poliéster | 1/2lb | 6 |
| Fondo | 2000g | 28 |
| Catalizador de fondo | 250g | 5.5 |
| Pintura | 2lt | 96 |
| Tiñer de pintura | 1/2lt | 4,5 |
| Barniz | 2lt | 38 |
| Catalizador de barniz | 1lt | 22 |
| Tiñer de barniz | 1/2lt | 4,5 |
| Lijas en seco | 8 | 4,0 |
| TOTAL | | 213 |

Tabla N°7.4 Costo operación

7.2.1.2 MANO DE OBRA DIRECTA

| Cant | Detalle | Tiempo de trabajo | Costo mensual | Costo mano obra |
|-------------|----------------|--------------------------|----------------------|------------------------|
| 1 | Técnico pintor | 6 días | 400 | 80.0 |
| 1 | Auxiliar | 6 días | 264 | 52.8 |
| TOTAL | | | | 132.8 |

Tabla N°7.5 Costo Directos de mano de obra

7.2.1.3 MANO DE OBRA INDIRECTA

| Cant. | Detalle | Sueldo(mensual) | Anual |
|--------------|----------------|------------------------|--------------|
| 1 | Contadora | 264 | 3168 |
| 1 | Guardia | 264 | 3168 |
| TOTAL | | | 6336 |

Tabla N°7.6 Costo Indirectos de mano de obra

7.2.1.4 GASTOS INDIRECTOS

| Detalle | Valor (anual) |
|---------------------------|--------------------------|
| Energía Eléctrica | 960 |
| Teléfono | 1200 |
| Agua. | 120 |
| Mantenimiento Herramienta | 1000 |
| Aporte al IESS | 4200 |
| TOTAL | 7060 |

Tabla N°7.7 Costo Indirectos de operación.

7.3 DEPRECIACIONES

El termino depreciación solo se aplica a los activos fijos como edificio, muebles, maquinas, equipo de oficina, vehículos, herramientas, ya que con el uso estos bienes valen menos, es decir se deprecian.

La depreciación es un gasto anual que tiene como objetivo legal, que los inversionistas recuperan en un determinado periodo de tiempo la inversión de activos fijos realiza en la ejecución y puesta en marcha del proyecto.

7.4 NOTACIÓN Y FORMULAS DEL FLUJO NETO DE CAJA (FNC).

El flujo de caja constituye uno de los elementos mas importantes del estudio de un proyecto, ya que la evaluación del mismo se efectuara sobre los resultados que en ella se determinen. Al proyectar el flujo neto de caja será necesario incorporar información adicional relacionada, principalmente con los efectos tributarios de la depreciación, amortización del activo nominal, valor residual, utilidades y perdidas.

$$FNC_k = UN_k + A_k \quad \text{Ec: 7.2}$$

Dónde:

FNC_k = Flujo neto de caja en el año k

UN_k = Utilidad neta en el año k.

A_k = Depreciación constante del año k.

$$FNC_{10} = UN_{10} + (1-t') * (Vr) \quad \text{Ec: 7.3}$$

Dónde:

t' = tasa de plusvalía

Vr = Valor residual del proyecto.

$$A_k = A'_k / (1+d)^k \quad \text{Ec: 7.4}$$

Dónde:

A'_k =Depreciación corriente.

.d= Tasa de inflamación.

K= Año.

$$UN_k=(R_k+C_k+A_k) * (1-t)$$

Ec: 7.5

Dónde:

R_k = Ingresos o ahorros del proyecto correspondiente al año k.

C_k = Costo total de egresos del año k.

¹⁴.t= Tasa de impuesto al fisco de utilidades (15%).

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

Dónde:

. I_0 = Inversión inicial del proyecto

. n' = Años de vida fiscal.

. n = Años de vida útil del proyecto.

Remplazando los siguientes datos reales en las formulas.

n' = 5 años

n = 10 años.

¹⁴ Información del SRI

El taller tiene una capacidad de pintar hasta seis vehículos mensuales pero se ha considerado que inicialmente tendrá una acogida de un 30% de su capacidad y a partir del tercer año su capacidad máxima.

| N° Veh Mensual | Costo de pintura | N° meses | Ingresos Anual |
|----------------|------------------|----------|----------------|
| 3 | 680 | 12 | 24.480 |

Tabla N° 7.8 Flujo mensual de vehículos

Los ingresos del primer año es de 24.480 USD el mismo que aumenta cada año en el 15% al valor del año anterior.

$A'_k=1680$ durante 5 años de vida fiscal.

$d= 3.21\%$ (año 2011)

$t=20\%$.

$t= 15\%$

De los ingresos el valor de pintado de un vehículo total es de 680.

$Vr=5000$ USD.

Resumen del flujo neto de caja se detalla en la (tabla 7.9)

| Año | R_k | C_k | A_k | UN_k | FNC_k |
|------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|
| 0 | | | | | -12000 |
| 1 | 32400 | 29964 | 1627 | 647 | 2274 |
| 2 | 32400 | 31462 | 1577 | -511 | 1066 |
| 3 | 32400 | 33035 | 1528 | -1730 | -202 |
| 4 | 64800 | 34687 | 1480 | 22906 | 24386 |
| 5 | 64800 | 36421 | 1434 | 21556 | 22990 |
| 6 | 64800 | 38242 | | 21246 | 21246 |
| 7 | 64800 | 40155 | | 19716 | 19716 |
| 8 | 64800 | 42162 | | 18110 | 18110 |
| 9 | 64800 | 44270 | | 16424 | 16424 |
| 10 | 64800 | 46484 | | 14635 | 18903 |

TablaN°7.9 Flujo de caja.

7.5 VALOR ACTUAL NETO (VAN)

El valor actual neto es una técnica en evaluación de proyectos que nos permite emitir un criterio cuantitativo si el proyecto genera o no ganancia, comparado con inversiones alternativas, el valor actual neto es la diferencia entre el valor actualizado de los flujos de beneficios y el valor también actualizado de las inversiones y otros egresos de efectivo.

La fórmula utilizada para calcular el VAN es:

Ec:7.6

$$VAN = l_0 + \frac{FNE_1}{(1+i)^1} + \frac{FNE_2}{(1+i)^2} + \frac{FNE_3}{(1+i)^3} + \frac{FNE_4}{(1+i)^4} + \frac{FNE_5}{(1+i)^5} + \frac{FNE_6}{(1+i)^6} + \frac{FNE_7}{(1+i)^7} + \frac{FNE_8}{(1+i)^8} + \frac{FNE_9}{(1+i)^9} + \frac{FNE_{10}}{(1+i)^{10}}$$

Dónde:

VAN= valor Actual Neto.

. l_0 = Inversión inicial.

FNE= Flujo neto de caja

. i = costo de oportunidad 14,5% (Tasa Activa)

El costo de oportunidad considerado para la evaluación del proyecto es de 14,5% equivalente a la tasa activa utilizada para el cálculo de financiamiento.

| V actual neto | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|----------------------|-----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| Costo de oportunidad | 14,5 % | 14,5 % | 14,5 % | 14,5 % | 14,5 % | 14,5 % | 14,5 % | 14,5 % | 14,5 % | 14,5 % |
| Flujo nominal c/año | 2274 | 1066 | -202 | 24836 | 22990 | 21246 | 19716 | 18110 | 16424 | 18903 |
| VAN | 53070,68 | | | | | | | | | |

TablaN°7.10 Valor neta del Van.

El valor actual neto del proyecto es de 53,070.68 USD, es decir representa una decisión favorable para efectuar el proyecto de inversión analizado.

7.6 TASA INTERNA DE RETORNO (TIR).

El criterio de la tasa interna de retorno evalúa el proyecto en función de una única tasa de rendimiento por periodo en la cual la totalidad de los beneficios actualizados son exactamente iguales a los desembolsos en moneda actual.

Además representa la rentabilidad obtenida en proporsion directa del capital invertido, o también a la tasa de descuento que hace que el VAN sea cero.

Se calcula utilizando un sistema de aproximaciones sucesivas, partiendo de una tasa de descuento inicial que se establece en forma subjetiva, la misma que se va ajustando hasta obtener dos tasas que den como resultado un VAN +/-, y luego por interpolación se calcula el TIR.

Sin embargo en la actualidad existen muchos procedimientos de obtención de la TIR, que viabilizan el procedimiento, el que se utilizó en el presente proyecto es a través del programa Exel existente en el software de las computadoras.

Cuando el valor actual neto es igual a cero, entonces se calcula la tasa de interés de la fórmula del VAN, tasa que representa la tasa interna de retorno, y es atractiva cuando es superior o igual al costo de oportunidad, es decir que el análisis del presente proyecto debe ser mayor o igual al 14,5%.

VAN=0

Ec: 7.7

$$0 = -I_0 + \frac{FNC_1}{(1+TIR)^1} + \frac{FNC_2}{(1+TIR)^2} + \frac{FNC_3}{(1+TIR)^3} + \frac{FNC_4}{(1+TIR)^4} + \frac{FNC_5}{(1+TIR)^5} + \frac{FNC_6}{(1+TIR)^6} + \frac{FNC_7}{(1+TIR)^7} + \frac{FNC_8}{(1+TIR)^8} + \frac{FNC_9}{(1+TIR)^9} + \frac{FNC_{10}}{(1+TIR)^{10}}$$

TIR=68%.

La tasa interna de retorno supera el 53,5% puntos a la tasa de descuento, lo que se significa que el costo de oportunidad de invertir en el proyecto es menor que el costo de oportunidad de invertir el mismo capital en instituciones financieras.

7.7 PERIODO DE RECUPERACION DEL CAPITAL.

El periodo de recuperación indica el tiempo estimado en que se puede recuperar la inversión realizada, es un indicador mas subjetivo pero sirve para evaluar un proyecto. En el caso de análisis el tiempo es de tres años.

Es la comparación del valor actual neto VAN sobre la inversión inicial.

Los cálculos se muestran de la siguiente manera:

$$PRI = \frac{\sum FNC_k - I_0}{FNC_k}$$

Ec: 7.8

| Año | FNC _k | ∑ FNC _k |
|-----|------------------|--------------------|
| 0 | -12.000 | -12.000 |
| 1 | 2.274 | 2.274 |
| 2 | 1.066 | 3.340 |
| 3 | -202 | 3.138 |
| 4 | 24.386 | 27.524 |

TablaN°7.9 Recuperación de capital.

Remplazamos en la ecuación

$$PRI = \frac{27.524 - 12.000}{24.386}$$

$$PRI = 0,64$$

La inversión inicial se recupera a los 0,64 años, es decir aproximadamente a los 3 años

CAPITULO 8

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 CONCLUSIONES.

1. Se diseñó cada uno de los sistemas que conforman la cabina-horno de pintura a partir de la temperatura ambiente y con la ayuda de simuladores y software.
2. Se construyó la estructura mediante procesos, reduciendo el desperdicio y mala manipulación de los equipos de la cabina
3. Controla la contaminación en el interior como en el exterior de la cámara a través de un sistema de filtrado meticuloso.
4. Redujo los tiempos de pintado de un vehículo .a más del 300% de un secado a temperatura ambiente.
5. Mantiene la temperatura constante ideal para el secado por medio de recirculación de aire la misma que es de 70°C.
6. El consumo de combustible es menor y bajo en costo tomando encuesta que el tiempo de pintura y secado dura 45min se gastara 4Kg de gas por vehículo
7. Debido a la demanda existente en el mercado el tiempo de recuperación de la inversión es de 3 años.

8.2 RECOMENDACIONES.

1. En la construcción de la estructura se debe cortar en ángulo de 45°C los materiales para su unión exacta.
2. Utilizar motores trifásicos evitando vibraciones que dañen la estructura.

3. El quemador debe tener un visor para poder centrar y direccionar el fogonazo en el interior de la cámara de combustión.
4. En la cimentación se debe recubrir con cemento refractario y chova evitando al máximo pérdidas de calor.
5. La cámara de combustión y secado se debe aislar de forma correcta evitando fugas de calor.
6. Controlar el flujo de aire que se ha vertical para evitar acumulación de contaminantes que se acumulen en la fase pintura.
7. Inspeccionar cada una de los sistemas antes de operar para evitar fallas en el proceso de pintura o secado.

BIBLIOGRAFÍA

TRANSFERENCIA DE CALOR, MILLS A. F. Primera Ed
Colombia, 1997.

FUNDAMENTOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR, Incropera
F y de Witt D, Cuarta Ed

MECANICA DE FLUIDOS, Roberto L. Mott, Sexta Ed

DISEÑO DE ELEMENTOS DE MAQUINAS, Mott Robert,
Segunda Ed, 1992,

DISEÑO MECANICO, Cytel-P, Primera ed.1992

SISTEMAS DE VENTILACION, Soler & Palau.

SEGURIDAD INDUSTRIAL, Ballesteros S., Primera Edición
México, 1989

MANUAL DE PINTURA AUTOMOTRIZ, Acsin. Primera Edición
Brasil, 2010.

www.monografias.com/aire.

www.veinsa.com.

www.enlacepymes.com.

www.saludorescada.com/tecnico.

ANEXO A

MANUAL DE OPERACIÓN Y FUNCIONAMIENTO

MANUAL DE OPERACIÓN Y FUNCIONAMIENTO

CICLO DE OPERACIÓN.

Revisar que no exista en el interior de la cabina de secado impurezas ni contaminantes.

Encender tablero de control.

Activar el control de iluminación.

Revisar que puertas del ingreso de vehículos como de técnico se encuentren herméticamente cerradas evitando fugas de calor.

Activar la opción de pintura (A).

Para desactivar la opción pintado activar la opción OFF.

En tablero existe opción de pintado(A) y curado (B).

Iniciar la fase de curado (B) Ingresar el tiempo que se requiere.

El proceso finaliza de forma automática luego de cumplir con el tiempo establecido.

Apagar lámparas de iluminación y abrir puerta de ingreso/salida de vehículos

PARADA DE EMERGENCIA.

En el caso exista anomalía en alguna de las fases de pintado o secado se desactiva el sistema activando la opción OFF.

En el caso que no responda el botón OFF se acciona el control de energía es decir desenergizar en su totalidad el sistema.

ANEXO B

MANUAL DE MANTENIMIENTO

MANTENIMIENTO CABINA-HORNO

El correcto funcionamiento de la cabina-horno de pintura depende de varios factores y considerando que es una máquina que se deteriora con el funcionamiento se establece tabla de mantenimiento periódico a las 450 horas de trabajo.

| OPERACIÓN | 250h | 600h | 1200h | 1700h |
|---|------|------|-------|-------|
| Limpiar paredes | X | X | X | X |
| Limpiar rejillas del suelo | X | X | X | X |
| Limpiar lámparas | X | X | X | X |
| Reemplazar lámparas | | | X | |
| Revisar empaques de puerta y vidrios | X | X | X | |
| Reemplazar empaques de puerta y vidrios | | X | | X |
| Revisar filtro de suelo/cambiar | X | X | X | X |
| Reemplazar filtro de suelo | | | X | X |
| Revisar filtros de ducto de ingreso/cambiar | X | X | X | X |
| Reemplazar filtro de ducto de ingreso | | X | X | X |
| Revisar filtro techo/cambiar | X | X | X | X |
| Reemplazar filtro techo | | | X | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |
| Revisar correas de motores de impulsión/expulsión | X | X | X | X |
| Reemplazar correas de motores | | | X | |
| Revisar cojinetes de ventiladores/cambiar | X | X | X | X |
| Reemplazar cojinetes de motores | | | | X |
| Revisar-limpiar ducto de ingreso y salida | X | X | X | X |
| Revisar línea de alimentación de gas | X | X | X | X |
| Revisar línea de alimentación de aire | X | X | X | X |

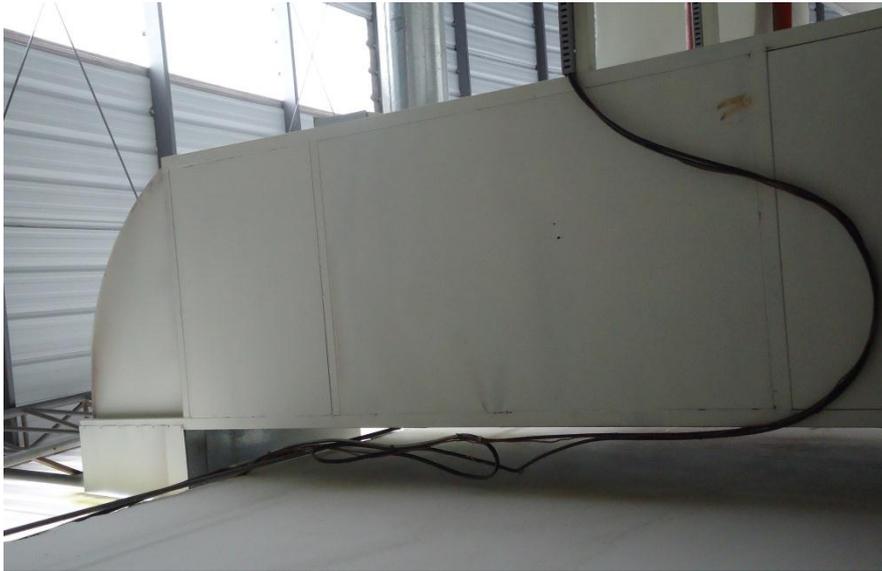
ANEXO C

FOTOGRAFÍAS DE CONSTRUCCIÓN

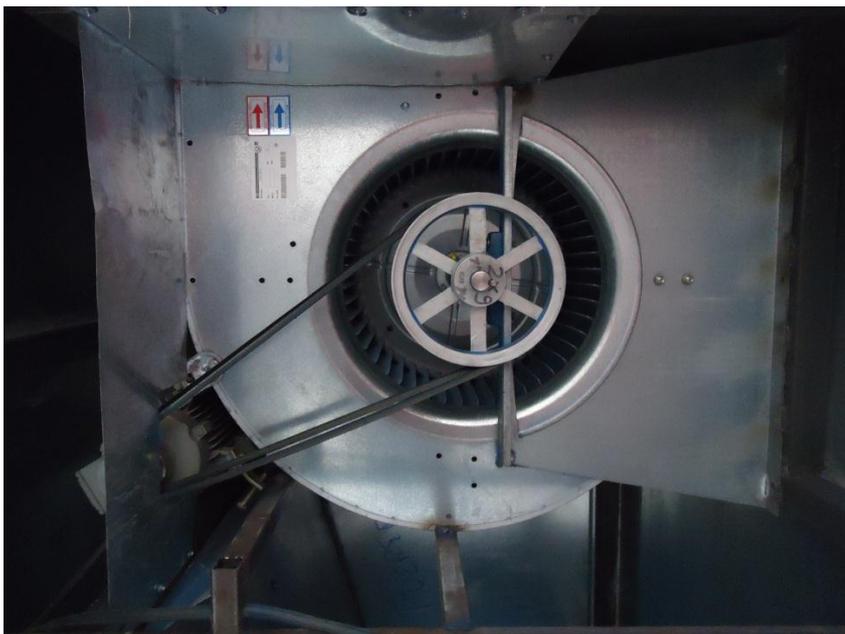














ANEXO D

PLANOS

