

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

PROYECTO TÉCNICO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO

TEMA: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA CÁMARA DE SECADO DE PINTURA EXPRESS PARA PIEZAS AUTOMOTRICES PARA EL MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA EMPRESA FIXAUTO DE LA CIUDAD DE AMBATO”

AUTOR: Rodrigo Israel Salazar Navarrete

TUTOR: Ing. Mg. Víctor Espín

AMBATO-ECUADOR

2017

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del proyecto de titulación modalidad técnica **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA CÁMARA DE SECADO DE PINTURA EXPRESS PARA PIEZAS AUTOMOTRICES PARA EL MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA EMPRESA FIXAUTO DE LA CIUDAD DE AMBATO”**. Elaborado por Rodrigo Israel Salazar Navarrete, egresado de la facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, carrera de Ingeniería Mecánica.

Certifico:

- Que el presente informe es original de su autor.
- Ha sido revisado en cada uno de sus capítulos.
- Está concluido y puede continuar con el trámite correspondiente.

Ambato, Agosto de 2017

EL TUTOR

Ing. Mg. Víctor Espín

AUTORÍA

Declaro que el contenido del trabajo investigativo **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA CÁMARA DE SECADO DE PINTURA EXPRESS PARA PIEZAS AUTOMOTRICES PARA EL MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA EMPRESA FIXAUTO DE LA CIUDAD DE AMBATO”**, así como sus ideas, opiniones, resultados, análisis, conclusiones y propuestas son auténticos y de responsabilidad exclusiva de mi persona en calidad de autor del presente proyecto.

Ambato, Agosto de 2017

EL AUTOR

Rodrigo Israel Salazar Navarrete

C.I.: 1804374807

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este proyecto técnico parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi proyecto técnico, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este proyecto técnico dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, Agosto de 2017

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del proyecto técnico realizado por el estudiante Rodrigo Israel Salazar Navarrete de la carrera de Ingeniería Mecánica, bajo el tema: : “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA CÁMARA DE SECADO DE PINTURA EXPRESS PARA PIEZAS AUTOMOTRICES PARA EL MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA EMPRESA FIXAUTO DE LA CIUDAD DE AMBATO”

Ambato, Octubre del 2017

Para constancia firman:

Ing. Mg. Segundo Espín

Ing. Mg. Gustavo Patín

DEDICATORIA

El presente proyecto y la culminación de una etapa en mis estudios se lo dedico de manera especial a Dios, mis padres y mis hermanos que de manera incondicional durante todo este tiempo de sacrificio estuvieron presentes en cada momento con las palabras y acciones necesarias para lograr este gran objetivo.

AGRADECIMIENTO

Agradezco en especial a mis padres que me dieron una educación sustentada en valores que han impulsado este gran deseo de culminar mis estudios universitarios, a mis hermanos que han logrado que cumpla con las obligaciones de estudio y el deporte.

En especial a mi tutor Ing. Víctor Espín por su valiosa ayuda y cada uno de los ingenieros que impartieron los conocimientos para lograr que este proyecto sea tangible.

Agradecimiento fraterno a mis amigos que hicieron de esto una experiencia especial en toda la vida universitaria de grandes vivencias alegres y de tristezas, porque no todos los días son de sol ni todos son de lluvia.

Y por último y no menos importante un agradecimiento a A.G. por ser la bendición que me motivo al final del proyecto cuando las cosas estaban en contra de la consecución de mi objetivo de graduación.

ÍNDICE

CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA.....	iii
DERECHOS DE AUTOR.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
RESUMEN EJECUTIVO	xix
CAPÍTULO I.....	2
1.1. TEMA DE INVESTIGACIÓN	2
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	2
1.3. OBJETIVOS.....	4
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	4
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
CAPÍTULO II	5
2.1. INVESTIGACIONES PREVIAS.....	5
2.2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	8
2.2.1. Cabinas de pintura	8
2.2.1.1 Funcionamiento	8
2.2.2. Tipos de Cabinas.....	10
2.2.2.1. Cabinas de filtración seca	10
2.2.2.2. Cabinas de filtración húmeda	11
2.2.2.3. Cabinas de Flujo Vertical	12
2.2.2.4. Cabinas de Flujo Horizontal	12
2.2.2.5. Cabinas de Flujo Semivertical	13
2.2.2.6. Cabinas Industriales para procesos en línea	13
2.2.2.7. Cabinas Compactas.....	14
2.2.2.8. Cámara express de pintura automotriz.....	14
2.3. Productos para utilizar en una cámara express de pintura.....	15

2.4. Iluminación de la cámara.....	16
2.5. Transferencia de calor	17
2.6. Productividad.....	18
2.6.1. Importancia de la Productividad	18
2.6.2. Mejoramiento de la productividad.....	19
2.6.3. Análisis de la productividad	20
CAPÍTULO III.....	21
3.1. Descripción de la empresa “Talleres FIXAUTO”	21
3.2. Situación actual de la empresa	21
3.3. Proceso actual de reparación y mantenimiento de vehículos	22
3.4. Proceso de un arreglo express	23
3.5. Análisis de tiempos de proceso de preparada y pintura	24
3.5.1. Tiempo de proceso de masillado	25
3.5.2. Tiempos de proceso de fondeado.....	26
3.5.3. Tiempos de proceso de tinturado	28
3.5.4. Tiempos de proceso de Barnizado	29
3.6. Productividad de la empresa.....	32
3.6.1. Productividad actual	34
3.7. Propuesta	34
3.7.1. Matriz de criterios ponderados	36
3.7.2. Cámara de pintura express	37
3.7.3. Partes de cámara express	38
3.7.3.1. Estructura	38
3.7.3.2. Paredes térmicas	38
3.7.3.3. Paneles de recubrimiento	40
3.7.3.4. Sistema de calentamiento de calor.....	41
3.7.3.5. Sistema de extracción de partículas	42
3.7.3.6. Filtrado del aire.....	42

3.7.3.7. Iluminación	44
3.7.4. Tablas Resumen de selección de alternativas	45
3.8. Criterios para el dimensionamiento de cabinas	49
3.9. Dimensiones de la cámara	51
3.10. Distribución de las zonas de trabajo de la empresa	52
3.11. Ubicación de la cámara de secado express	53
3.12. Modelado de la estructura	54
3.13. Diseño y análisis estructural de la cámara	55
3.13.1. Análisis estructural del techo	55
3.13.2. Análisis estructural del piso	58
3.13.3. Análisis estático de componentes de recubrimiento del piso	60
3.13.3.1. Determinación del criterio de von Mises de los elementos del piso	62
3.14. Diseño y análisis térmico de la cámara	65
3.14.1. Potencia requerida del calentador	68
3.14.2. Análisis y selección del aislante térmico de las paredes	69
3.14.3. Conducción de calor en estado estacionario en paredes planas	70
3.14.4. Determinación del área efectiva de transferencia de calor de paredes laterales	73
3.14.5. Cálculo de resistencias térmica de paredes laterales	74
3.15. Selección del quemador	80
3.16. Selección de intercambiador de calor	81
3.16.1. Intercambiadores de tubos y coraza de contraflujo.	81
3.16.2. Método de las diferencia media logarítmica de temperatura.	82
3.17. Diseño y selección del sistema de ventilación	91
3.17.1. Extracción localizada	92
3.17.2. Selección de los ventiladores	92
3.17.3. Sistema de ventilación	94
3.17.3.1. Pérdidas de energía	95

3.18. Selección del material filtrante	105
3.18.1 Filtros Piso	105
3.18.2. Pre filtros.....	105
3.18.3. Filtros techo	106
3.19. Diseño y selección del sistema de iluminación	106
3.19.1. Cálculo del flujo total luminoso necesario	107
3.19.2. Cálculo del número de luminarias necesarias	112
3.20. Construcción de la cámara.....	113
3.20.1. Diagrama de montaje	115
3.21. Presupuesto de construcción de cámara de pintura express	122
3.22. Análisis de la productividad con la cámara de secado presente en el taller	125
3.22.1. Proceso de un arreglo express con secado en cámara.....	125
3.22.2. Proyección de producción de arreglos express	128
3.24. Funcionamiento general	130
3.25. Mantenimiento general.....	131
CAPITULO IV	132
4.1. CONCLUSIONES.....	132
4.2. RECOMENDACIONES	134
BIBLIOGRAFÍA.....	135
ANEXOS.....	137

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO II

Figura 2.1: Funcionamiento de cabina de pintura en fase de pintado.....	10
Figura 2.2: Configuración de filtros de carbono situados en el plenum (cabina de filtración seca).....	11
Figura 2.3: Cabina de pintura de cortinas de agua.....	11
Figura 2.4: Cabina de pintura de flujo vertical.....	12
Figura 2.5: Cabina de pintura de flujo horizontal.....	12
Figura 2.6: Cabina de pintura de flujo semivertical.....	13
Figura 2. 7: Cabina de pintura para trenes.....	13
Figura 2. 8: Cámara de pintura abierta portátil automotriz.....	14
Figura 2.9: Cuarto limpio de pintura.....	15
Figura 2.10: Marcas de pintura utilizadas de importación en Ecuador.....	16
Figura 2.11: Ubicación de lámparas en cabinas de pintura.....	17

CAPÍTULO III

Figura 3.1: Proceso de servicio en la empresa Talleres Fixauto.....	22
Figura 3.2: Distribuidor de materiales prioritarios de la empresa Talleres Fixauto.....	25
Figura 3.3: Masillado en reparación express de guardachoque plástico con masilla P 35.....	26
Figura 3.4: Guardachoque posterior fondeado con el aparejo de altos sólidos F54.....	27
Figura 3. 5: Guardachoque posterior siendo aplicado tinte plata escuna de maxytone.....	29
Figura 3.6: Guardachoque posterior barnizado con el producto CS90.....	30
Figura 3.7: Capot en reproceso de pulido.....	31
Figura 3.8: Ventas de reparaciones express mensuales del año 2016 y principios de 2017.....	33
Figura 3.9: Número de autos reparaciones express mensuales del año 2016 y principios de 2017.....	33
Figura 3.10: Tipos de maquinaria para secado de pintura automotriz.....	37
Figura 3. 11: Tubos cuadrados y perfiles angulares de acero.....	38

Figura 3.12: Dimensiones efectivas de trabajo de la cámara de pintura express.....	51
Figura 3.13: Dimensiones generales de la cámara de pintura express.....	52
Figura 3.14: Distribución de zonas de trabajo de la empresa Fixauto.....	52
Figura 3.15: Ubicación de la cámara de secado en la empresa Fixauto.....	53
Figura 3.16: Espacio real dentro de la zona de preparado y pintura.....	54
Figura 3.17: Modelado de la estructura mediante el programa Solidwork 2015 vista alámbrica.....	54
Figura 3.18: Distribución de cargas a lo largo del techo en el programa.....	56
Figura 3.19: Designación del material de la estructura superior.....	57
Figura 3.20: Esfuerzo máximo admisible en la estructura.....	57
Figura 3.21: Desplazamiento máximo en la estructura en el programa.....	58
Figura 3.22: Factor de seguridad de la estructura.....	58
Figura 3.23: Esfuerzo máximo admisible en la estructura del piso.....	59
Figura 3.24: Desplazamiento máximo en la estructura en el programa solidworks 2015.....	60
Figura 3.25: Factor de seguridad de la estructura.....	60
Figura 3.26: Componentes de recubrimiento y apoyo del piso.....	61
Figura 3.27: Distribución de cargas de los elementos del piso.....	62
Figura 3.28: Esfuerzo de Von Mises en los elementos del piso.....	63
Figura 3.29: Desplazamiento máximo en los elementos del piso.....	64
Figura 3.30: Factores de seguridad en los elementos del piso.....	64
Figura 3.31: Ensamble de paredes térmicas en modelado del programa solidworks 2015.....	69
Figura 3.32: Analogía entre los conceptos de resistencia térmica y eléctrica.....	70
Figura 3.33: Red de resistencias térmicas para la transferencia de calor de una pared plana de dos capas sujeta a convección sobre ambos lados.....	71
Figura 3.34: Composición de pared térmica de recubrimiento.....	72
Figura 3.35: Medidas y diseño de paredes laterales.....	72
Figura 3.36: Red de resistencias térmicas de pared lateral.....	73
Figura 3.37: Simulación de transferencia de calor en estado estacionario de pared lateral.....	77

Figura 3.38: Simulación de transferencia de calor en estado estacionario de pared lateral.....	77
Figura 3.39: Gradiente de temperatura en pared lateral.....	78
Figura 3.40: Perfiles de temperaturas asociados a un intercambiador de calor a contraflujo.....	81
Figura 3.41: Intercambiador de calor de tubos y coraza de corrientes mezcladas.....	82
Figura 3.42: Definición de los términos ΔT_1 y ΔT_2 para un intercambiador a contraflujo.....	83
Figura 3.43: Determinación de la razón de transferencia de calor en intercambiadores de flujo cruzado de tubos y coraza de pasos múltiples.....	83
Figura 3.44: Consideraciones de funcionamiento intercambiadores de flujo cruzado de tubos y coraza de pasos múltiples para cámara de pintura express.....	84
Figura 3.45: Selección del factor de corrección geométrico de intercambiador de calor de un paso por la coraza y cualquier número para por el paso de los tubos.....	90
Figura 3.46: Esquema y simulación del intercambiador de calor de un paso por la coraza y ocho por los tubos de construcción nacional.....	91
Figura 3.47: Selección del tipo de ventilador centrífugo de presión para la etapa de pintado y secado a través de las curvas características del modelo CAM marca SODECA.....	93
Figura 3.48: Sistema de extracción y empuje de aire.....	94
Figura 3.49: Ductos presentes en el sistema de extracción y empuje de aire.....	95
Figura 3.50: Pérdidas por fricción en ductos circulares o cuadrados SI.....	97
Figura 3. 51: Coeficiente de pérdida dinámica.....	100
Figura 3.52: Coeficiente de pérdida dinámica.....	100
Figura 3.53: Coeficiente de pérdida dinámica en campanas.....	101
Figura 3.54: Modelo simplificado de cámara express de pintura.....	103
Figura 3.55: Trayectorias de flujo dentro de la cámara etapa de pintado.....	104
Figura 3. 56: Trayectorias de flujo dentro de la cámara etapa de secado.....	104
Figura 3.57: Medidas del espacio efectivo de trabajo de la cámara de pintura.....	107
Figura 3.58: Índice local k según el sistema de iluminación.....	108
Figura 3.59: Disposición de las lámparas en el emplazamiento.....	112
Figura 3.60: Estructura metálica del piso en ensamble.....	113

Figura 3.61: Construcción de paredes térmicas.	113
Figura 3.62: Ensamble de paredes y techo.....	114
Figura 3.63: Ensamble de lámparas T8 y de mantas filtrantes de plenum.....	114
Figura 3.64: Diagramas de montaje camara express.....	114
Figura 3.65: Pintura de guardachoque en cámara de secado.	125
Figura 3.66: Proyecciones de autos entregados para lo que resta del año 2017.	129

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1: Descripción y tiempos empleados en reparaciones express de la empresa Talleres Fixauto.	23
Tabla 3.2: Tiempos de secado y aplicación en el proceso de masillado.	26
Tabla 3.3: Tiempos de secado y aplicación en el proceso de fondeado.	27
Tabla 3.4: Tiempos de secado y aplicación en el proceso de tinturado.	28
Tabla 3.5: Tiempos de secado y aplicación en el proceso de barnizado.	30
Tabla 3.6: Registro de arreglos y productividad de arreglos express	32
Tabla 3.7: Alternativas para procesos de secado de pintura.	34
Tabla 3.8: Matriz de selección para procesos de secado de pintura.	36
Tabla 3.9: Tipos de aislantes térmicos y sus características.	39
Tabla 3.10: Tipos de planchas o láminas de acero características.	40
Tabla 3.11: Tipos de calentadores de aire características.	41
Tabla 3.12: Tipos de extractores de aire características.	42
Tabla 3.13: Tipos de filtros de aire características.	43
Tabla 3.14: Tipos de lámparas industriales características.	44
Tabla 3.15: Matriz de selección para tipo de estructura.	45
Tabla 3.16: Matriz de selección para aislante térmico.	45
Tabla 3.17: Matriz de selección para láminas de recubrimiento.	46
Tabla 3.18: Matriz de selección para el sistema de aporte de calor a la cámara.	46
Tabla 3.19: Matriz de selección para el sistema de extracción de partículas.	47
Tabla 3.20: Matriz de selección para el filtrado de aire.	47
Tabla 3.21: Matriz de selección para el filtrado de aire.	48
Tabla 3.22: Dimensiones generales de Chevrolet Sparky Silverado.	49
Tabla 3.23: Dimensiones de altura y largo de autopartes Chevrolet Spark y Silverado	50
Tabla 3.24: Dimensiones generales de la cámara express de pintura	51
Tabla 3.25: Cargas presentes en el techo de la estructura.	56
Tabla 3.26: Cargas presentes en el techo de la estructura.	58
Tabla 3.27: Cargas presentes en los elementos del piso.	61
Tabla 3.28: Temperaturas de funcionamiento.	65
Tabla 3.29: Propiedades del aire seco a presión atmosférica.	66

Tabla 3. 30: Propiedades del aire seco a temperatura de 37,5°C a presión atmosférica.....	66
Tabla 3.31: Valores típicos del coeficiente de transferencia de calor por convección.....	74
Tabla 3.32: Propiedades para cálculo de resistencias térmicas.....	74
Tabla 3.33: Razón de transferencia de calor de cada panel térmico.....	79
Tabla 3.34: Características principales del quemador serie 3R Lamborghini.	80
Tabla 3.35: Propiedades del aire seco a temperatura de 15 y 60 °C a presión atmosférica.....	85
Tabla 3.36: Valores representativos de los coeficientes globales de transferencia de calor U.....	88
Tabla 3.37: Características generales principales del modelo CAM marca SODECA.....	93
Tabla 3.38: Velocidades de captura recomendadas para diferentes aplicaciones.....	96
Tabla 3.39: Consideraciones para selección de valores de velocidades de captura recomendadas para diferentes aplicaciones.	97
Tabla 3.40: Resultados obtenido de la Figura 3.44 de pérdidas y velocidades.....	98
Tabla 3.41: Pérdidas totales en ductos.	102
Tabla 3.42: Índice local k según el sistema de iluminación.....	109
Tabla 3.43: Factor de utilización de lámpara Philips T8 Day brittle.	110
Tabla 3.44: Factor de mantenimiento de iluminación.....	111
Tabla 3.45: Presupuesto de materiales.....	122
Tabla 3.46: Presupuesto de maquinaria presentes en la cámara.	123
Tabla 3.47: Presupuesto de insumos de construcción.....	123
Tabla 3.48: Costo mano de obra.	124
Tabla 3.49: Gastos Administrativos.....	124
Tabla 3.50: Resumen Costo total del proyecto.	124
Tabla 3. 51: Tiempos de procesos de un arreglo express dentro de cámara de pintura.	126
Tabla 3.52: Registro de arreglos express mes de funcionamiento de la cámara de pintura.	127

Tabla 3.53: Comparación de productividad de mese con y sin funcionamiento de la cámara de secado en el proceso productivo de la empresa.	128
Tabla 3.54: Proyecciones de autos entregados para lo que resta del año 2017.....	128

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

RESUMEN EJECUTIVO

El objetivo del presente proyecto técnico fue el de diseñar y construir una cámara de secado de pintura express, para lo cual se desarrolló un estudio de la clase de cabinas y cuartos limpios de pintura que fueron: de flujo vertical, semivertical y horizontal, tomando en cuenta parámetros de funcionamiento como la temperatura del aire, velocidad del flujo del aire, razón de transferencia de calor, dimensiones físicas y costo; siendo la mejor elección una cámara de secado rápido, la cual es una combinación en tamaño y requerimiento funcional de la empresa. Después se realizó el análisis y diseño de cada una de sus partes, obteniendo las medidas necesarias para la construcción.

Durante la etapa de diseño se realizó simulaciones de funcionamiento lo cual estableció parámetros para la construcción, la misma que se realizó en un tiempo de 25 días y que en su etapa de funcionamiento estuvo un mes en prueba de donde se obtuvieron datos con los que se analizó la productividad y se determinó en comparación a los datos registrados por la empresa de carros entregados en meses anteriores al realizar refacciones de tipo express un aumento del 80% de entrega en el mes de análisis, un acabado de superficie de panel que no necesita de pulido y una reducción del 40% del tiempo empleado para las reparaciones de este tipo, considerando que todos los productos de pintura utilizados en la cámara son de secado rápido a temperaturas de 60 °C.

ABSTRAC

The objective of the present technical project was to design and build an express paint drying chamber, for which, it developed a study of the class of cabins and clean rooms of painting that were: vertical, semivertical and horizontal flow, taking into some operating parameters such as the air temperature, the air flow velocity, heat transfer ratio, physical dimensions and cost. Being the best choice a fast drying chamber, which is a combination in size and functional requirement of the company. Then, it developed the analysis and design of each one of its parts, obtaining the necessary measures for the construction.

During the design were developed performance simulations, which established parameters for the construction, the same one that was realized in a time of 25 days and also during a month in its operational stage some data were obtained with which it analyzed the productivity and it determined in comparison to the data recorded in previous months by the cars company performing express type spare parts an increase of 80% delivery in the month of analysis, a panel surface finish which does not require polishing and a reduction of 40% of the time used for the repairs of this type, considering that all the paint products used in the chamber are fast drying at temperatures of 60 ° C.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. TEMA DE INVESTIGACIÓN

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA CÁMARA DE SECADO DE PINTURA EXPRESS PARA PIEZAS AUTOMOTRICES PARA EL MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA EMPRESA FIXAUTO DE LA CIUDAD DE AMBATO”.

1.2.JUSTIFICACIÓN

El siguiente proyecto técnico se da a través de la necesidad de aumentar la producción y un servicio de mejor calidad de la empresa Fixauto , este taller dedicado a solución de problemas en siniestros de colisiones se ha venido tecnificando durante todos los años de funcionamiento por lo que dentro de su maquinaria ya existente tiene una cabina de pintura la que sirve para trabajos de pintura total ya que por su gran tamaño y su construcción de manera artesanal la vuelve ineficiente económica y energéticamente para trabajos de abolladuras de paneles o repintado de repuestos nuevos.

Además otro de los problemas en los cuales se ve inmersa la necesidad de un lugar que esté libre de partículas contaminantes como: polvo de lijado de masillas , fondos , tierra ,etc ; que no permiten un acabado superficial de mejor calidad , debido que al tener impurezas sobre la capa final de pintura en los sistemas utilizados por la empresa que son monocapa , bicapa y tricapa debe incluir obligatoriamente procesos de pulido que según procesos de proveedores de pinturas como PPG se deberían de dar puntualmente evitando de esta manera la disminución del micraje de la capa final de barnizado, reduciendo el tiempo de vida útil de la pintura, es por lo que si se reducen las impurezas dentro del proceso, la etapa de pulido sería opcional en muchos de los casos según los parámetros de cada fabricante de pintura , por lo cual se aseguraría un acabado

superficial de calidad y duradero dentro del tiempo de garantía que ofrece el taller lo cual hace eficiente el trabajo de maquinarias como: pulidoras, lijadoras e insumos como los pulimentos que son un rubro alto dentro de la producción de la empresa.

Este sistema que se propone no es la cabina normal de pintura, es decir, esta cámara es específica para el preparado y pintado de paneles donde no va a entrar el auto por completo en donde se va a aislar la contaminación a los demás autos presentes en el taller ya que al pulverizar todos los productos inmersos dentro del preparado y pintado como fondos o primers son de fácil volatilidad y se adhieren en toda la superficie de los autos que están cerca de donde se realiza el trabajo, lo cual hace que se utilicen insumos como tiñer, lijas y pulimento para remediar esta situación y que el cliente no lo reclame, es decir es una pérdida de tiempo y dinero para la empresa Fixauto.

La empresa Fixauto tiene tres convenios con aseguradoras las cuales ocupan el 70% de la capacidad de trabajo del taller y de gran manera la mayoría son repuestos nuevos es decir que no se los repara a los que estén con abolladuras por lo cual es imprescindible de que los procesos de pintura sean ágiles y efectivos, dentro del proceso normal de pintura de una pieza nueva, con cada una de sus tareas aproximadamente se lleva aproximadamente 5 horas hasta que el panel este totalmente pintado debido a que está pintando a la intemperie y sin ningún tipo de sistema que acelere su secado, según las especificaciones del barniz D800 ultra rápido de PPG a temperatura ambiente de 20 °C el secado se lo realiza en una hora y media pero con temperaturas de secado que oscilan entre 50 y 60 °C se reduce a 20 minutos con lo cual se podría ya realizar un pulido puntual o total del panel sin ningún problema.

Debido a lo expuesto anteriormente el proyecto se lo requiere utilizar de manera inmediata para la empresa en relación a que los procesos no están dando el resultado adecuado, con la implementación de este secador se realizarán los trabajos de manera rápida y efectiva es decir que el taller se beneficiará con el aumento de la producción y la reducción de costos en procesos.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

- Diseñar y construir una cámara de secado de pintura express para piezas automotrices para el mejoramiento de la productividad de la empresa Fixauto de la ciudad de Ambato.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir los parámetros para el diseño y construcción del sistema de extracción de partículas y secado para el mejoramiento del acabado superficial de los paneles.
- Reducir los tiempos de secado para el aumento de la producción de autos reparados al día.
- Disminuir los insumos para pulido dentro del proceso de pintura de paneles nuevos.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN

2.1. INVESTIGACIONES PREVIAS

Después de haber realizado una investigación previa se pueden citar la siguiente información que está relacionada al tema en mención de este proyecto técnico.

Santamaria S. Darwin G. “Diseño y construcción cabina-horno de pintura con un sistema de alimentación de GLP para la empresa Automotores Santamaría.” Latacunga, 2012.

Disponible en el repositorio digital ESPEL:

<http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/5926>

En el siguiente trabajo de graduación se analizan las posibilidades para el mejor funcionamiento de la cabina de pintura, por lo que se escogen mediante selección los componentes de la misma además de que una de sus principales requerimientos es la utilización de GLP como combustible de funcionamiento para el calentador, también dentro de su diseño se encuentra un manual de funcionamiento y mantenimiento para el buen manejo de la cabina.

Ochoa H. Diego P. “Diseño y Construcción de una Cabina de pintado - secado de vehículos”. Guayaquil, 2006.

Disponible en el repositorio digital ESPOL:

<http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/13637>

El trabajo de investigación mostrado como referencia hace mención a conceptos de selección de equipos a la vez de basarse en la transferencia de calor pero teniendo como objetivo el mejoramiento del acabado, por lo que se centra en la inyección y extracción de aire de la cabina de pintado, además de recomendaciones de uso y materiales para ayudar a elevar el acabado de paneles y carrocerías.

Cobo T. José L., Avalos V. Carlos J., Herrera N. David A.,” Diseño y construcción de una cabina de pintura para la Facultad de Ingeniería Automotriz de la Universidad Internacional del Ecuador”. Quito, 2009.

Disponible en el repositorio digital UIDE:

<http://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/1307>

En este proyecto trata del diseño y construcción de una cabina de pintura para la facultad de ingeniería automotriz de la UIDE en donde se establecieron diseños que se ajusten a la disponibilidad de espacio y de la importancia en las prácticas de los estudiantes, es decir que sea totalmente funcional, el diseño de esta cabina no es común ya que se ajusta al espacio disponible por lo cual no tiene medidas estándares como la de otros proyectos.

Aldás S. Darwin S., Guevara G. Juan F. “Implementación de una cabina de pintura para cofres mortuorios en la Fábrica Las Maderas de la Ciudad de Ambato”. Ambato, 2015.

Disponible en el repositorio digital UTA:

<http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/11176>

Tratando de prevenir las enfermedades laborales por parte de las partículas de pintura en el ambiente o llamadas también como over spray se estudia la implementación de una cámara de pintado y una de secado para la prevención y el mejoramiento de la productividad de una empresa de cofres mortuorios, además del análisis de sus procesos y la optimización del espacio disponible en la fábrica, una innovación dentro del diseño y la construcción es la cantidad de ductos de extracción de aire ya que por su tamaño se conjugó las obras civiles y en estructura metálica para poder extraer las partículas suspendidas dentro de la cabina.

Gonzales D. Roberto A., Porres B. Jorge A. “Artículo Científico - Diseño de la cabina de pintura de un taller automotriz de enderezado y pintura.”

Disponible en repositorio Universidad Rafael Landívar Guatemala:

<http://rodin.uca.es/xmlui/bitstream/handle/10498/6435/32707617.pdf?sequence=1>

Artículo técnico del diseño de la cabina de pintura , este diseño esta hecho de manera específica para un taller de enchapado e imprimado en solución de colisiones automovilísticas, además de que se seleccionan los mejores tipos de pintura , técnicas de pintado y sistemas de alumbrado para tener un cubrimiento óptimo de las imprimaciones, además existe un proceso de realización de la cabina.

Guidice Carlos, Pereyra Andrea, “Artículo Científico- Métodos e instalaciones de secado/curado para pinturas y recubrimientos”

Este artículo científico toma conceptos de selección a través de las propiedades fisicoquímicas de productos aplicados y de su mejor método de secado/curado para el mismo, donde se aplican análisis de secados a temperatura ambiente y con cabinas de secado específicas o por cuartos limpios con radiación infrarroja.

Disponible en repositorio Universidad Tecnológica Facultad Regional La Plata:

<http://www.frlp.utn.edu.ar/materias/protecmat/aplicacion.pdf>

Espín A. Javier R., Guanoluisa B. Wilson F.,” Artículo Científico - Diseño, construcción y automatización de una cabina de pintura climatizada para acabados de modulares de madera para la mueblería El Pino.”

El presente artículo se centra en la automatización y el diseño de una cabina de pintado para muebles la cual tiene la finalidad de un comportamiento automático sin que el operario sufra lesiones y no este expuesto a gases tóxicos, además se realizó en su gran mayoría simulaciones del comportamiento de los elementos mecánicos para un adecuado factor de seguridad para que no fallen en el proceso.

Disponible en el repositorio ESPEL:

<http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/8195>

2.2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.2.1. Cabinas de pintura

Las cabinas de pintura están relacionadas con dos procesos conjugados en una sola herramienta los cuales son el de curado y extracción de partículas para disminuir tiempos y mejorar acabados lo que es indispensable en todo taller de chapistería que trata de mantenerse a la vanguardia tecnológica.

Una cabina es un horno y una cámara a la vez ya que evita las impurezas de agentes exteriores que contaminen las superficies en el proceso de pintura y extrae los residuos de pintura o partículas llamadas COVs (Compuestos Orgánicos Volátiles) que son liberados por disolventes de pinturas y otros productos de la composición de la misma como por ejemplo el tolueno, xileno, acetona y perclorietileno que pueden provocar al pintor una enfermedad laboral a través del tiempo si se los inhala de forma habitual, además de evitar la concentración de disolventes inflamables que provoquen explosiones por lo cual una cabina es de gran ayuda para proteger a los operarios.

Una cabina de pintura es una zona libre de polvo con muy buena iluminación para ayudar en el acabado final de los paneles o carrocerías pintadas, además mantiene las condiciones de temperatura estables para la rapidez del secado y la uniformidad del planchado de los gránulos de barnices [1].

2.2.1.1 Funcionamiento

Las cabinas o cámaras de pintado funcionan en dos fases:

- **Fase de pintado o fase I:** se dispone en la aplicación de imprimaciones, aparejos, bases de pinturas y laca o barniz es decir que en esta fase se aplica un calentamiento y ventilación.

En esta fase se toma el aire del exterior el cual se filtra y se limpia en filtros que están dentro o fuera de la cabina el cual se dirige al grupo calefactor el mismo que calienta el aire insuflado desde el exterior lo cual hace que la temperatura interna es más alta que la del aire de

aspirado, que se regula hasta alcanzar un caudal ideal en el plenum donde se filtra nuevamente.

Con esto el aire es forzado a circular por el foso de extracción donde se tiene un filtro paint stop este filtro solo recoge restos solidos del producto el cual está compuesto por COVs de forma que se utiliza un filtro de carbono al final del grupo extractor [1].

- **Fase de secado o fase II:** se produce un horneado de la pintura a una temperatura requerida por el producto utilizado en la fase anterior con aire caliente principalmente la pintura brillo directo o barniz, por lo general el operario o pintor selecciona temperaturas de entre (50 y 60 °C) y el tiempo de secado está en función de la hoja técnica del producto utilizado. Lo realiza de forma que el aire que se insuflaba y extraía en la fase de pintura se trampea con un recirculado del aire que lo lleva a pasar por el calefactor y eleva la temperatura al grado deseado hasta que un termómetro mande una señal la cual controle el calentamiento para evitar el recalentamiento del producto.

Una vez realizado el secado se procede a realizar el enfriado con aire frío es decir que en esta etapa el grupo calefactor se suspende , además se realiza una descontaminación de COVs ya que las pinturas y barnices después de su secado emiten estos compuestos.

En la figura 2.1 se puede observar el funcionamiento de una cabina de pintura la cual tiene fosa de absorción y plenum de entrada de aire [2].

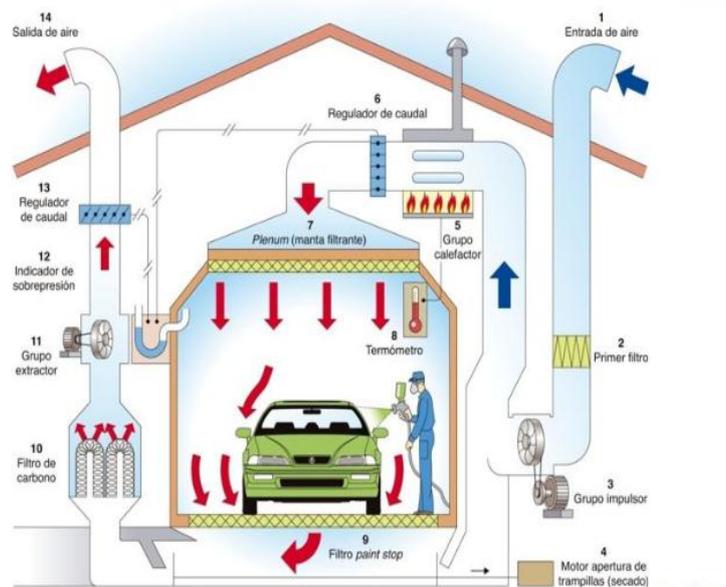


Figura 2.1: Funcionamiento de cabina de pintura en fase de pintado [2].

2.2.2. Tipos de Cabinas

Existen varios tipos que se han ido diversificando a través del tiempo y la innovación de productos y requerimientos de los usuarios para el aumento de la productividad de sus talleres y empresas de productos en línea, es por estos motivos que se presentan varios tipos de cámaras de pintura que se diferencian por el tipo de filtración de COVs que tiene, también por la forma de extraer e insuflar aire dentro de la cabina y también por su utilidad que está estrechamente ligada a la industria.

2.2.2.1. Cabinas de filtración seca

Este tipo de cabinas se caracterizan por tener filtros de felpa combinados con carbono como se observa en la figura 2.2, son muy parecidos a los filtros de una mascarilla de gases pero son de un gran tamaño, por lo general se encuentran situados en la parte posterior y en el plenum de una cámara es decir en el momento de la insuflación del aire y su extracción, son las más comunes en el mercado pero limitadas para algunas aplicaciones específicas como son la pintura electrostática.



Figura 2.2: Configuración de filtros de carbono situados en el plenum (cabina de filtración seca) [3].

2.2.2.2. Cabinas de filtración húmeda

También llamadas como cabinas de cortina de agua estas son para aplicaciones especiales de filtrado y reutilización de COVs, como se aprecia en la figura 2.3, por lo general son de aspiración frontal para llevar todas las partículas hacia la parte posterior donde se encuentra la cortina de agua, las cuales tienen deflectores de aire que facilitan que la mayor parte del agua utilizada por la bomba entre de manera limpia sin afectar el funcionamiento.



Figura 2.3: Cabina de pintura de cortinas de agua [3].

También existen tipos o de cabina según el sentido de la corriente de aire en el interior:

2.2.2.3. Cabinas de Flujo Vertical

Se caracterizan por que el sentido de la corriente de aire que recorre dentro de la cabina circula desde el plenum o techo como indican las flechas de la figura 2.4, hacia la fosa extractora que está ubicada en el suelo, por lo general son construidas con obra civil para los fosos o los mismos pueden ser elevados del nivel de referencia del suelo cuando son hechos con estructura metálica.

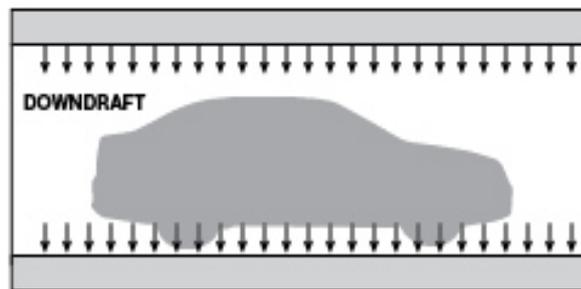


Figura 2.4: Cabina de pintura de flujo vertical [4].

2.2.2.4. Cabinas de Flujo Horizontal

Este tipo de cabinas se caracterizan por que el flujo de aire es paralelo al suelo lo cual es de gran importancia cuando los filtros están puestos en la parte posterior de la cabina y también en puertas, como se observa en la figura 2.5, las primeras cabinas tuvieron este sistema de corriente de aire por lo general es utilizado para la pintura de autos.

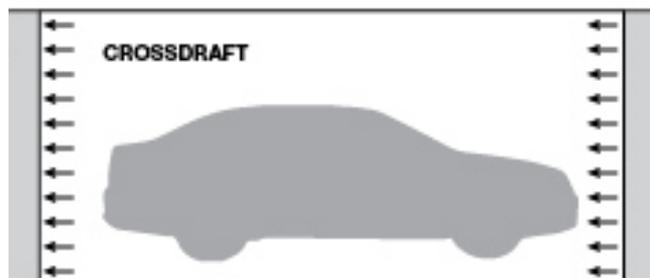


Figura 2.5: Cabina de pintura de flujo horizontal [4].

2.2.2.5. Cabinas de Flujo Semivertical

Se caracterizan por que la circulación del aire esta combinada como se observa en la figura 2.6, entre el flujo vertical y horizontal es decir que el aire se introduce en la parte superior a un 30% del plenum de la cabina lo cual hace que fluya en una etapa de forma vertical y cuando va descendiendo de forma horizontal hasta alcanzar el ducto de extracción, este tipo de cabinas no tienen fosa de extracción.

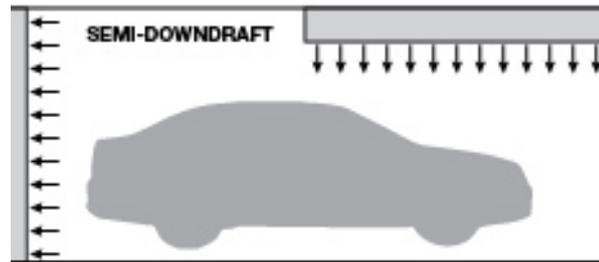


Figura 2.6: Cabina de pintura de flujo semivertical [4].

2.2.2.6. Cabinas Industriales para procesos en línea

Este tipo de cabinas son de gran extensión y de medidas muy grandes son sistemas por lo general automáticos y alcanzan temperaturas de hasta 100 °C dependiendo el producto que se lo utilice, además del requerimiento del proceso.

Son utilizadas por grandes industrias que hacen sus procesos en líneas como son el ensamblado estructural, pintura y partes prefabricadas como se aprecia en la figura 2.7, para estas aplicaciones se pintan simultáneamente varias piezas o a su vez maquinaria de grandes dimensiones como son trenes, aviones, camiones, buses, etc.



Figura 2. 7: Cabina de pintura para trenes [5].

2.2.2.7. Cabinas Compactas

Este tipo de cabinas también llamadas cámaras compactas son de tamaño estándar o menor del estándar es decir que son para aplicaciones en donde el tamaño de las piezas o productos a pintar no implican tener una infraestructura de gran envergadura como lo ilustra la figura 2.8, en casos como aplicaciones de pintura electrostática de piezas pequeñas no es necesario que sea un ambiente cerrado es por lo cual para este tipo de pinturas las hacen de forma abierta.

Dentro de este tipo de cabinas están inmersas las de repintado, prueba y portátiles las cuales deben tener un manejo rápido y eficaz para lograr un buen pintado y curado.



Figura 2. 8: Cámara de pintura abierta portátil automotriz [6].

2.2.2.8. Cámara express de pintura automotriz

Esta innovación de cámara está enfocada directamente a talleres de pintura que refaccionan o pintan piezas y autos completos, el funcionamiento de las cámaras express es eficiente y productivo económicamente hablando.

Se las utiliza para agilizar todo el proceso de pintura desde las imprimaciones o fondos hasta las capas de barnizado, este tipo de cabina es la unión de un cuarto limpio como se observa en la figura 2.9, con una cámara compacta y en ciertos casos es portátil, es decir que dependiendo del requerimiento se las fabrica y en dependencia total de los productos a utilizar.

Los productos que se utilizan dentro de una cámara express son de secado rápido o a su vez tienen catalizadores o endurecedores rápidos que hoy en día en nuestro mercado lo utilizan para refacciones de piezas.

Su funcionamiento tiene diversidad pero el esquema básico de ellas son de una cabina normal enfocado en su gran mayoría en la transferencia de calor rápida y la extracción de COVs.

Las características más relevantes de esta cámara son:

- Utiliza productos de secado rápido.
- Dimensiones compactas (menores a las estándar de cabinas normales).
- Menor consumo de combustible en el calentador.
- Ciclo de utilización bajo.
- No necesita de obra civil para su construcción.
- Mejor iluminación en el nivel de trabajo.
- Transferencia de calor rápida.
- No es necesario presurizar la cámara.



Figura 2.9: Cuarto limpio de pintura [3].

2.3. Productos para utilizar en una cámara express de pintura

Por lo general estos productos pueden ser a base agua o base diluyente, comúnmente en el mercado ecuatoriano tenemos un dominio sobre el sistema base diluyente ya que existen varias marcas en diferentes gamas desde muy accesibles económicamente hablando como también de un precio alto, la industria

automotriz en Ecuador se ha venido modernizando y rigiendo a partir de normas creadas por el INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización) que a pesar de tener en el mercado un gran número de marcas de pintura, es necesario que cumplan requisitos como los que se exponen en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2095 esmaltes alquídicos sintéticos para vehículos, como se puede observar en la figura 2.10 son todas las marcas disponibles más conocidas en nuestro país es decir que todas cumplen con los requisitos mínimos pero también con una gran variable de calidad [7].

Las pinturas para utilizar en este tipo de cámaras son:

- Fondos de tonos G3, G5, G6 de catalizador rápido 4:1
- Pinturas base diluyente sistemas poliuretano de baja resina.
- Barnices base diluyente catalizador rápido 2:1

Estos requerimientos son de gran ayuda para elevar la eficiencia de una cámara express ya que si se utilizara sistemas de cabinas normales de pintura se realizara un secado ineficiente y una pérdida económica desde todo punto de vista.



Figura 2.10: Marcas de pintura utilizadas de importación en Ecuador [7].

2.4. Iluminación de la cámara.

Uno de los aspectos más importante de una cámara de pintado es la ergonomía en su iluminación es decir que su plano de trabajo debe de ser debidamente visto para realizar el embellecimiento de las superficies pintadas como se aprecia en la figura 2.11, la calidad visual no es tener una gran cantidad de lámparas sino es el

adecuado posicionamiento de cada una de ellas ya que de gran manera su ubicación también reduce el consumo de energía y no adquirir demasiadas.

Según el método de los Lumens muy utilizado para realizar proyectos de iluminación para una cabina de pintura está recomendado alrededor de 750 a 1000 luxes para que la iluminación sea de un tipo uniforme y trate de llegar a cada uno de los planos de trabajo.

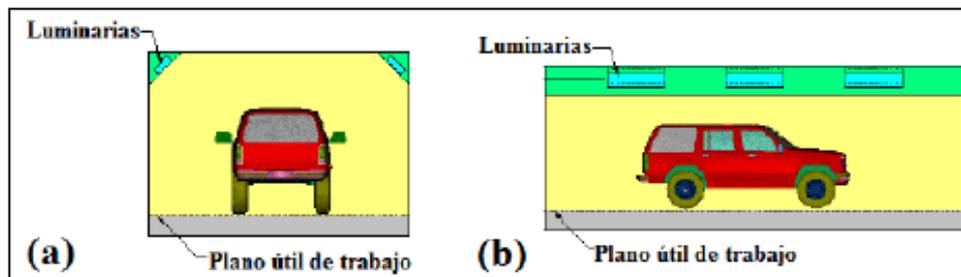


Figura 2.11: Ubicación de lámparas en cabinas de pintura [9].

2.5. Transferencia de calor

En un sistema de transferencia de calor la energía térmica acumulada se transfiere por diferentes mecanismos del cuerpo que tiene la mayor temperatura hacia el de menor.

La transferencia de calor es el paso de energía térmica desde un cuerpo de mayor temperatura a otro de menor temperatura. Cuando un cuerpo, por ejemplo, un objeto sólido o un fluido, está a una temperatura diferente de la de su entorno u otro cuerpo, la transferencia de energía térmica, también conocida como transferencia de calor o intercambio de calor, ocurre de tal manera que el cuerpo y su entorno alcancen equilibrio térmico. La transferencia de calor siempre ocurre desde un cuerpo más caliente a uno más frío, como resultado de la Segunda ley de la termodinámica. Cuando existe una diferencia de temperatura entre dos objetos en proximidad uno del otro, la transferencia de calor no puede ser detenida; solo puede hacerse más lenta.

El calor puede ser transferido mediante tres procesos convección, radiación o conducción, estos procesos pueden realizarse simultáneamente o también puede ocurrir que solo se de uno de ellos [10].

2.6. Productividad

Según una definición general, la productividad es la relación entre la producción obtenida por un sistema de producción o servicios y los recursos utilizados para obtenerla. Así pues, la productividad se define como el uso eficiente de recursos: trabajo, capital, tierra, materiales, energía, información en la producción de diversos bienes y servicios.

Una productividad mayor significa la obtención de más con la misma cantidad de recursos, o el logro de una mayor producción en volumen y calidad con el mismo insumo. Esto se suele representar con la fórmula:

$$\frac{\text{PRODUCTO}}{\text{INSUMO}} = \text{PRODUCTIVIDAD} \quad (1)$$

La productividad también puede definirse como la relación entre los resultados y el tiempo que lleva conseguirlos. El tiempo es a menudo un buen denominador, puesto que es una medida universal y está fuera del control humano. Cuanto menor tiempo lleve lograr el resultado deseado, más productivo es el sistema.

Independientemente del tipo de sistema de producción, económico o político, la definición de productividad sigue siendo la misma. Por consiguiente, aunque la productividad puede significar cosas diferentes para diferentes personas, el concepto básico es siempre la relación entre la cantidad y calidad de bienes o servicios producidos y la cantidad de recursos utilizados para producirlos.

2.6.1. Importancia de la Productividad

La importancia de la productividad para aumentar el bienestar nacional se reconoce ahora universalmente. No existe ninguna actividad humana que no se beneficie de una mejor productividad.

La productividad determina en gran medida el grado de competitividad internacional de los productos de un país. Si la productividad del trabajo en un país se reduce en relación con la productividad en otros países que fabrican los mismos bienes, se crea un desequilibrio competitivo. Si los mayores costos de la producción se transfieren, las industrias del país perderán ventas, dado que los clientes se dirigirán a los abastecedores cuyos costos son inferiores. Sin embargo, si el aumento de los costos es absorbido por las empresas, sus beneficios disminuirán. Esto significa que tendrán que reducir la producción o mantener los costos de producción estables mediante la disminución de los salarios reales.

2.6.2. Mejoramiento de la productividad

El mejoramiento de la productividad no consiste únicamente en hacer las cosas mejor: es más importante hacer mejor las cosas correctas. Antes de examinar qué cuestiones se han de abordar en un programa destinado a mejorar la productividad, es necesario pasar revista a los factores que afectan a la productividad. El proceso de producción es un sistema social complejo, adaptable y progresivo. Las relaciones recíprocas entre trabajo, capital y el medio ambiente social y organizativo son importantes en tanto están equilibradas y coordinadas en un conjunto integrado. El mejoramiento de la productividad depende de la medida en que se pueden identificar y utilizar los factores principales del sistema de producción social. En relación con este aspecto, conviene hacer una distinción entre tres grupos principales de factores de productividad, según se relacionen con:

- El puesto de trabajo
- Los recursos
- El medio ambiente

El mejoramiento de la productividad en una empresa es una función y un resultado de la eficacia de la gestión, lo que equivale a decir de una buena administración. Es un objetivo y una responsabilidad primordial de la dirección aumentar la productividad y mantener su crecimiento. En realidad, la creación de las condiciones para alcanzar un rendimiento más alto es la esencia de la gestión de la productividad.

Al mismo tiempo, el mejoramiento de la productividad es un proceso de cambio. Por tanto, para mejorar la productividad es necesario dominar el cambio; esto significa motivar, inducir y generar el cambio. Conviene planificar y coordinar la escala y la velocidad del cambio en todos los elementos principales de la organización, con inclusión de la estructura del personal, las actitudes y los valores de la mano de obra, los conocimientos técnicos y teóricos, la tecnología y el equipo, los productos y los mercados. Esos cambios promueven actitudes positivas y conocimientos generales de la organización que favorecerán el mejoramiento de la productividad, así como el cambio tecnológico [11].

2.6.3. Análisis de la productividad

El análisis de la productividad es importante para el mejoramiento de la productividad. Incluso como elemento separado, es un instrumento muy eficaz para la adopción de decisiones en todos los niveles económicos.

El éxito de la medición y el análisis de la productividad dependen en gran medida de que todas las partes interesadas (directores de empresa, trabajadores, empleadores, organizaciones sindicales e instituciones públicas) tengan una clara idea de por qué la medición de la productividad es importante para la eficacia de la organización. La respuesta es que señala dónde se han de buscar posibilidades de mejoramiento y que muestra también el resultado que están produciendo los esfuerzos en favor del mejoramiento.

CAPÍTULO III

DISEÑO DEL PROYECTO

3.1. Descripción de la empresa “Talleres FIXAUTO”

La empresa Fixauto es un centro de solución a siniestros automovilísticos con más de 30 años de experiencia es una de las empresas familiares que ha perdurado a través de los años en el sector de arreglo y mantenimiento de autos, siendo pionera en procesos de chapistería artesanal dentro de la ciudad.

Se encuentra ubicada en la parroquia de Huachi Chico en las calles Dr. Jácome Clavijo y Medardo Ángel Silva esquina.

El taller se especifica en la enderezada y pintura, pero por la gran demanda y los diferentes requerimientos de los clientes se han desarrollado varios servicios que en años anteriores no se los brindaba en la empresa.

En el presente tiempo se ha dedicado a solucionar íntegramente los diferentes casos de choques de autos implementando áreas como mecánica automotriz, suspensión, eléctrica y electrónica, lo que ha hecho que varias entidades depositen su confianza sobre la empresa con más de 10 aseguradoras y cientos de clientes particulares registrados por la empresa.

3.2. Situación actual de la empresa

Actualmente la empresa se encuentra en crecimiento a pesar de que la tendencia de facturación de años anteriores al 2016 haya sido superior que lo que se presentó en el último semestre del año pasado, es por tal motivo que para aumentar y mejorar la producción se necesita de la implementación de varias máquinas herramientas que durante los últimos años la gerencia a tratado de implementar, consiguiendo una gran inversión para que los procesos se agilicen y simplifiquen.

Hoy en día la empresa tiene clientes fijos que son particulares alrededor de 1000 personas anualmente que llegan a dejar sus autos en reparación y varios convenios con aseguradoras que suman a los particulares, esta es la razón de que la agilidad es necesaria dentro de la empresa por que la producción no tiene altibajos durante el año.

La empresa en estos momentos tiene una media de 10 carros entregados a la semana en lo que se considera arreglos express es decir que una sección o pieza de la carrocería no está más del 40% afectada o la pintura y ensamblaje de hasta 5 piezas de un auto, por este motivo se requiere de la aceleración de procesos de secado para mejorar los tiempos y la producción semanal de la empresa.

3.3 Proceso actual de reparación y mantenimiento de vehículos

Para analizar la cadena procesos de reparaciones express se realizará previamente una descripción breve del proceso de servicios de las actividades realizadas dentro del taller actualmente, como se observa en la figura 3.1.

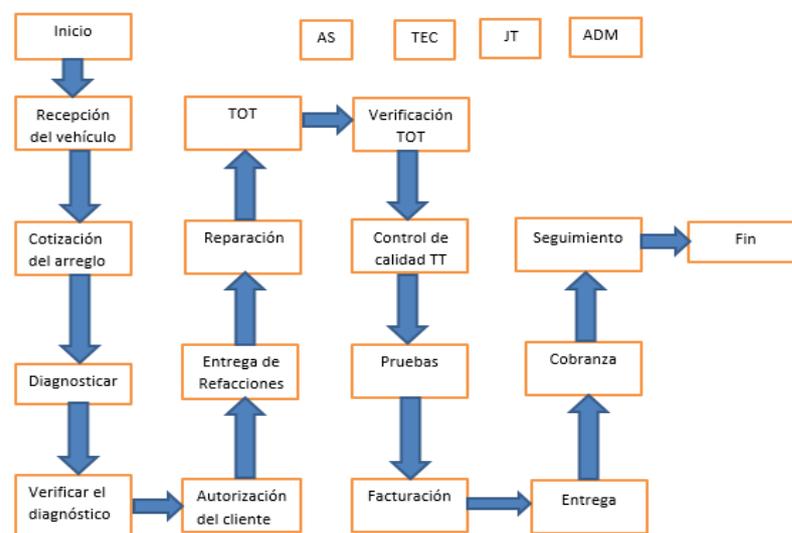


Figura 3.1: Proceso de servicio en la empresa Talleres Fixauto.

Fuente: [El Autor]

Nota: Se distinguen las funciones de los responsables del proceso como AS asesor de servicio; TEC técnico; JT jefe de taller; ADM administración, además de las actividades como TOT trabajo e otros talleres; TT trabajo total.

3.4. Proceso de un arreglo express

Tomando como referencia de los tiempos que se utilizan de forma mayoritaria para la producción se debe de analizar las actividades a realizadas durante la reparación que se explica en la tabla 3.1.

Tabla 3.1: Descripción y tiempos empleados en reparaciones express de la empresa Talleres Fixauto.

ACTIVIDAD	Descripción	Tiempo empleado	Persona encargada
Limpieza de partes afectadas	Vista previa del daño del auto y lavado de las piezas que se van a arreglar	5 min	ASTEC
Desarmado	Normalmente se reemplazan paneles y piezas los cuales deben de ser retirados de la carrocería o a su vez para el enderezado del mismo si existe hasta un 40% de daño	20min	ASTEC
Enderezado	Se procede a realizar el arreglo de la chapa metálica o a su vez el enderezado por calor de polímeros ABS.	30min	TEC1
Lijado previo a masillado	En esta actividad se reduce el tamaño de las rayaduras que se han producido por el enderezado y para la identificación de huecos en la superficie	5min	TEC2
Masillado	Se aplica un polímero de alta resistencia que ayuda a la igualdad de superficies y ocultar las rayas producidas en el enderezado, por lo general son dos aplicaciones	3 min cada aplicación (6 min total)	TEC2
Secado de masilla	Este proceso es relativamente es lento pero no se puede realizar una alteración en su secado ya que las especificaciones nos indican que a 20°C y con un catalizador al 10% su secado se lo realiza en 20 min	20min cada aplicación (40 min)	
Lijado post masillado	Una vez que los paneles o piezas plásticas se han enderezado se las lija y masilla para obtener una superficie que concuerde con la estética del auto	20 min	TEC2
Imprimado o Fondeado	Una vez comprobado que las superficies no tengan porosidades, desperfectos ni oleaje se procede a realizar a aplicar la capa de fondo que esté de acuerdo al tono del color del auto.	5min	TEC2
Secado de fondo	Este proceso se lo realiza a temperatura ambiente antes de someterlo a un lijado.	90min	
Lijado de fondo	Se igualan las superficie con un abrasivo que no supere las 400PM	10min	TEC2
Empapelado	Se cubren las partes que no se van a pintar para que el carro no se contamine con las partículas llamadas over spray generadas en la pulverización de la pintura.	10min	ASTEC
Pintado	Se aplican tres capas de pintura PU dejando un tiempo de oreo entre capas de 10 minutos asegurando la igualdad y cubrimiento de la falla con el tono correcto además de una capa de barniz de secado rápido.	40min	TEC2
Secado de barniz	Dela misma forma que el fondo se realiza a temperatura ambiente antes de poder realizar el proceso de pulido.	150min	
Ensamble	Se realiza el armado y cuadrage de cada una de las piezas que se las sacó después de estar pintadas	20min	ASTEC

Pulido	Se lijan las imperfecciones y contaminaciones producidas por el ambiente con abrasivos que no sobrepasen las 1500 PM y se pulen con maquina las piezas pintadas.	20min	ASTEC
Control de calidad	Se realiza una revisión del acabado el cual debe de tener una superficie plana sin oleaje y sin características de pintura como son ralladuras, espolvoreado o piel de naranja que es un grosor excesivo en la capa final de barniz.	5min	JT
	Tiempo total	486min	

Fuente: [El Autor]

Nota: Se distinguen los de los responsables del proceso como ASTEC asistente de técnicos; TEC1 técnico enderezada; TEC2 técnico pintura y preparación; JT jefe de taller y siglas como PM partículas por millón; PU poliuretano; ABS acrilonitrilo butadieno estireno.

Una vez analizado el proceso normal e idóneo que realiza la empresa para dar solución a colisiones que son mínimas como arreglos express determinando así un tiempo empleado de 465 minutos que son 7,58 horas es decir que la empresa se encuentra utilizando cerca de una jornada de trabajo para realizar un arreglo de este tipo, tomando en consideración que los trabajos realizados en otros talleres no está sumado en el tiempo de arreglo, esto puede ser algún tipo de recarga de aire acondicionado o revisiones electrónicas que impliquen una fracción de tiempo más.

3.5. Análisis de tiempos de proceso de preparada y pintura

Para realizar este análisis no se ha tomado en consideración el proceso de enderezado ya que es uno de los que tiene intervalos de tiempo que dependen mucho de la complejidad que haya en las piezas o paneles para arreglar pero que existe como un máximo de 30 minutos que se los emplea en la actividad normalmente en golpes express.

La empresa actualmente se encuentra utilizando una línea de productos de marca MIPA la misma presentada como marca en la figura 3.2, en el área de preparación y pintura que tiene el 60% de participación en el proceso, como son masillas, fondos, adherentes para plásticos, texturizados y barniz.



Figura 3.2: Distribuidor de materiales prioritarios de la empresa Talleres Fixauto [12].

El otro 40 % es utilizado en materiales como lijas, diluyentes, adherentes metálicos y tintes que son de diferentes marcas que se encuentran en la provincia.

En el proceso de la preparación y pintura se establecen básicamente sus tiempos con las propiedades y características de aplicación, secado de los diferentes productos como masillas, resinas, imprimantes, pinturas base y barnizados los cuales pueden ser modificados en intervalos pequeños con catalizadores o diluyentes como se presenta en los siguientes casos de la empresa.

3.5.1. Tiempo de proceso de masillado

En la tabla 3.2 se describe una media de tiempos que se realizaron de tres mediciones a dos técnicos de preparada de superficies del taller para establecer el tiempo común en las diferentes etapas de masillado y dependiendo del material al cual se aplica, es decir que estos tiempos pueden ser modificados según las temperaturas de secado para la masilla a excepción del producto P35 que solo puede secar a temperatura ambiente de 20°C.

Tabla 3.2: Tiempos de secado y aplicación en el proceso de masillado.

Material utilizado	Cantidad masilla Kg	Porcentaje de catalizador	Superficie de aplicación	Número de aplicaciones	Tiempo de secado	Tiempo de aplicación TEC2	Tiempo de aplicación TEC4	Tiempo total TEC2	Tiempo total TEC4
 P99	0,2	10	Chapa metálica	1	20min	3min	2min	23min	22min
 P90	0,1	10	Chapa metálica	1	20min	1,5min	2min	21,5min	22min
 P35	0,1	10	Plástico ABS	2	25min	2min	2min	27min	27min

Fuente: [El Autor]

Nota: cada una de las propiedades de las masillas utilizadas y sus características se pueden observar en el Anexo A.

La figura 3.3 muestra el proceso de masillado con el producto de P35 de la línea Mipa de repintado con el cual está trabajando la empresa actualmente.



Figura 3.3: Masillado en reparación express de guardachoque plástico con masilla P 35.

Fuente: [El Autor]

3.5.2. Tiempos de proceso de fondeado

En la etapa de fondeado se pueden observar dos tipos de aparejos en la tabla 3.3, los cuales son utilizados dependiendo de factores como el tamaño de la superficie y la dilución es decir que los productos como spray acrylfiler 4+1 es un mezcla

ya catalizada además de diluida por parte del fabricante en donde no podemos alterar ninguna de sus propiedades , este producto sirve para fallas de tamaño pequeño, mientras que el aparejo F 54 es maleable en sus propiedades con diferentes catalizadores y porcentajes de dilución los cuales se ajustan a las necesidades que tenga el técnico en el momento de la reparación además de cubrir superficies más grandes como se observa en la figura 3.4.

Tabla 3.3: Tiempos de secado y aplicación en el proceso de fondeado.

Material utilizado	Cantidad fondo gr	Cantidad de catalizador en gr	Superficie de aplicación	Número de aplicaciones	Tiempo de secado apta para lijar a 20 °C	Tiempo de aplicación TEC2	Tiempo de aplicación TEC4	Tiempo total TEC2	Tiempo total TEC4
 F54	50	12,5	Metal - plástico	2	90min	2min	2,5min	4min	5min
 4+1 spray			Metal - plástico	2	30min	2min	2min	4min	4min

Fuente: [El Autor]

Nota: cada una de las propiedades de los aparejos utilizados y sus características se pueden observar en el Anexo B y C.



Figura 3.4: Guardachoque posterior fondeado con el aparejo de altos sólidos F54.

Fuente: [El Autor]

Los tiempos de aplicación son relativamente rápidos pero los de secado son un problema álgido dentro del proceso, ya que no existe nada que los acelere y depende de las temperaturas ambiente que hagan durante el día, ya que una disminución de 3°C en la temperatura o más puede aumentar alrededor de una hora de secado.

3.5.3. Tiempos de proceso de tinturado

En la tabla 3.4 se puede observar que existen varios tipos de pinturas que utiliza la empresa pero esto se debe a que algunas líneas no se pueden utilizar en sistemas bicapa por ejemplo la línea maxytone y la línea ixell es para tintes lisos monocapas y bicapas que no tengan perlas especiales en su interior mientras que líneas como deltron de ppg se podría decir que aplica para todos los sistemas como son monocapa, bicapa, tricapa.

Además el tiempo de aplicación medido encada una de las piezas de referencia es rápido ya que la media de aplicación está dentro de hasta un minuto y medio en los dos técnicos en las diferentes marcas de tintes, lo cual produce al igual que en los demás productos el tiempo de secado entre manos o hasta su lijado un problema ya que los tiempos se van tornando mucho más largos [9].

Tabla 3.4: Tiempos de secado y aplicación en el proceso de tinturado.

Material utilizado	Cantidad de gr	Cantidad de catalizador en gr	Superficie de aplicación	Número de aplicaciones	Tiempo de espera entre aplicaciones	Tiempo de aplicación TEC2	Tiempo de aplicación TEC4	Tiempo total TEC2	Tiempo total TEC4
 IXELL	120gr	N/A	Metálica - plástico ABS	3	5 min	1min	1.20 min	18min	18.6 min
 DELLTRO N PPG	120gr	N/A	Metálica - plástico ABS	3	3 min	1min	1.10min	12min	12.3 min
 MAXYTO NE	120 gr	N/A	Metálica - plástico ABS	3	8 min	1min	1min	25min	25min

Fuente: [El Autor]

Además el tiempo de aplicación medido encada una de las piezas de referencia es rápido ya que la media de aplicación está dentro de hasta un minuto y medio en los dos técnicos en las diferentes marcas de tintes como se observa en la figura 3.5 al TEC 2 imprimando, el tiempo de secado entre manos se establece por el fabricante hasta su lijado, un problema ya que los tiempos se van tornando mucho más largos si se lo hace a temperatura ambiente.



Figura 3. 5: Guardachoque posterior siendo aplicado tinte plata escuna de maxytone.

Fuente: [El Autor]

3.5.4. Tiempos de proceso de Barnizado

En la aplicación del barniz es uno de los proceso en donde se toma mucho cuidado con la contaminación de impurezas del ambiente ya que después de su aplicación no se puede realizar ningún cambio de manera inmediata su manipulación para corregir defectos esta sobre los 120 minutos como se observa en la tabla 3.5, es por lo que debe de ser hecho con precisión, al igual que las demás aplicaciones este producto es rápida pero su forma de secado a 20 °C es uno de los problemas más graves por la lentitud del proceso.

Tabla 3.5: Tiempos de secado y aplicación en el proceso de barnizado.

Material utilizado	Cantidad de gr	Cantidad de catalizador en gr	Superficie de aplicación	Número de aplicaciones	Tiempo de secado a 20°C	Tiempo de aplicación TEC2	Tiempo de aplicación TEC4	Tiempo total TEC2	Tiempo total TEC4
 CS90 MIPA Secado rápido	100	50	Metálica y Plástico ABS	2	120min	0.5 min	0.45 min	121 min	121.5 min
 CC 4 Secado rápido	100	50	Metálica y Plástico ABS	2	120min	0.5 min	0.5 min	121 min	121 min

Fuente: [El Autor]

Nota: cada una de las propiedades de los barnices utilizados y sus características se pueden observar en el Anexo C.

Una vez realizado el proceso de pintado en su totalidad y esperar alrededor de 4 horas para el secado del barniz como se observa en la figura 3.6, un guardachoque totalmente seco, en lo que se podría llamar secado rápido a temperatura ambiente ya que una de las características de estos barnices utilizados en la empresa es la versatilidad de tener un catalizador “Fast”, que según la ficha técnica debería de llegar un curado total para la manipulación de piezas en una hora y media pero por la variación de temperatura y otros factores ambientales no se logra realizar esto en su totalidad.



Figura 3.6: Guardachoque posterior barnizado con el producto CS90.

Fuente: [Autor]

Además una de las principales razones de mantener reprocesos y que los trabajos express sigan demorándose en la empresa es las condiciones ambientales en la zona de preparado y pintura que son las mismas, en este caso deberían de ser dos áreas totalmente herméticas por separado para evitar la entrada de agentes contaminantes en gran cantidad, ya que en los procesos de pintura siempre existen varios agentes de contaminación como son polvo, pelusas de ropa, restos solidos de barniz, etc.

La problemática al finalizar el proceso de arreglo express es el acabado final que por lo general por las condiciones ambientales explicadas anteriormente no quedan de la manera idónea, es por la razón que se realiza un reproceso llamado pulido total de la pieza pintada como se aprecia en la figura 3.7, esto se realiza de manera muy común en el taller, aumentando tiempos y costos de producción.



Figura 3.7: Capot en reproceso de pulido.

Fuente: [El Autor]

Este reproceso se da utilizando una serie de productos que se encuentran en el Anexo G, este proceso en su gran mayoría se lo realiza con un lijado previo el cual disminuye el micraje de la capa de barnizado que sirve de protección, durabilidad del tinte y la corrosión de la pieza o carrocería.

3.6. Productividad de la empresa

La forma más acertada de describir a la productividad es hacer “más con lo mismo” es decir una relación directamente proporcional entre los insumos y el producto o servicio con lo cual se trata de disminuir la utilización de insumos y aumentar la productividad.

Una de las problemáticas analizadas de la productividad es la demora en la entrega de los arreglos considerados express dado que el secado de los materiales utilizados y por ende el retraso en el ensamblaje de los autos conjugado con reprocesos que hacen que los costos se eleven además de la utilización de personal en la zonas de acabado final las cuales hacen trabajos que aumentan tiempos. Para métodos de entendimiento y de llevar un control más estricto en lo concerniente a esta sección del negocio que son los arreglos express que es donde se refleja la productividad en tiempos de la empresa, se muestra en la tabla 3.6 los datos de arreglos express.

Tabla 3.6: Registro de arreglos y productividad de arreglos express

Mes	Número de Autos	Horas trabajadas	Horas empleadas para arreglos express	Número de personas empleadas	Productividad
ene-16	32	136	68	3	0,5
feb-16	34	148	74	4	0,2
mar-16	24	160	80	4	0,2
abr-16	23	160	80	4	0,1
may-16	29	152	76	3	0,2
jun-16	31	160	80	3	0,2
jul-16	27	150	75	3	0,2
ago-16	25	152	76	4	0,2
sep-16	32	160	80	4	0,2
oct-16	24	160	80	3	0,2
nov-16	36	160	80	3	0,2
dic-16	30	120	60	4	0,3
ene-17	26	144	72	3	0,2
feb-17	28	136	68	4	0,2
mar-17	24	160	80	4	0,2

Fuente: [Departamento financiero de Talleres Fixauto]

Actualmente la empresa tiene un flujo de trabajo estable lo cual se presenta a continuación en sus ventas mensuales desde el año 2016 y principios de 2017 en arreglos de tipo express como se observa en las figuras 3.8 y 3.9.

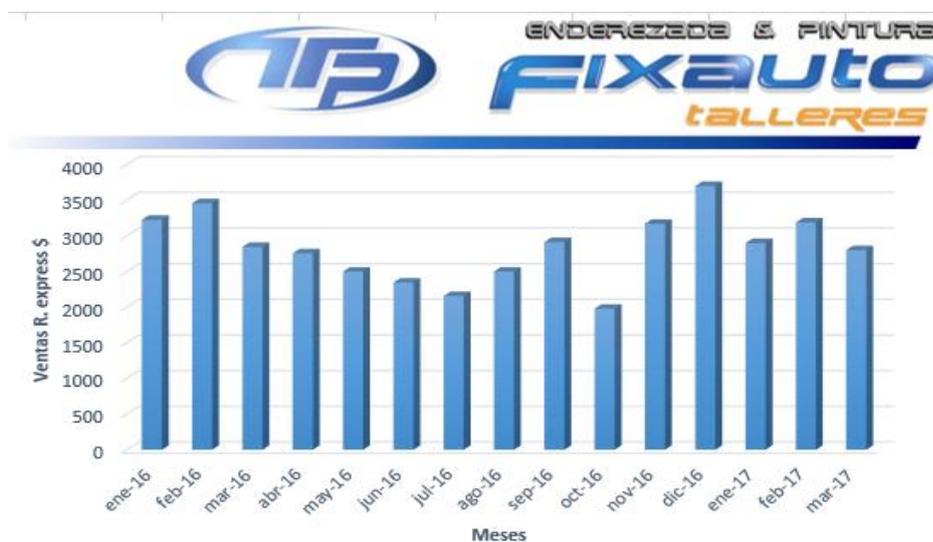


Figura 3.8: Ventas de reparaciones express mensuales del año 2016 y principios de 2017

Fuente: [Departamento financiero de Talleres Fixauto]



Figura 3.9: Número de autos reparaciones express mensuales del año 2016 y principios de 2017

Fuente: [Departamento financiero de Talleres Fixauto]

3.6.1. Productividad actual

Como referencia a las ventas alcanzadas por el taller en arreglos express y gracias a los datos proporcionados por la empresa, de los autos que se someten a este tipo de referencia se puede calcular la productividad actual de la empresa:

$$Productividad = \frac{Producto}{Insumos} \quad (1)$$

$$Productividad = \frac{Autos arreglados}{Horas empleadas} \quad (2)$$

Como se observa en la tabla 3.6 se puede determinar que la empresa actualmente está realizando en el mejor de sus meses de productividad hasta el 50 % de un arreglo express por hora es decir la mitad de un arreglo, además que la productividad promedio anual del taller esta con un 40 % de avance del arreglo por hora en este tipo de refacciones.

$$Productividad = \frac{Promedio de carros anuales}{Promedio de horas anuales trabajadas} \quad (3)$$

$$Productividad Promedio = \frac{28,3}{75,3}$$

$$Productividad Promedio = 0,4$$

Una de las problemática que se encuentran actualmente en la empresa en el proceso de producción son los tiempos de secado, en donde la productividad se ve reducida ya que durante el análisis de datos proporcionados por la misma empresa se tiene alrededor de 4 horas de secado sin añadir ningún proceso más, es decir que al ser un trabajo de destrezas personales y artesanal se ve limitada a la aplicación de ayuda de maquinaria o tecnología.

3.7. Propuesta

Para el mejoramiento de la productividad donde se involucra la reducción de tiempos en la reparación de autos de manera express se propone un sistema que ayude a acelerar los procesos de secado de imprimaciones, tintes y barnizado tomando alternativas presentadas en la tabla 3.7, lo que mejorará tiempos de secado y calidad en la superficie final.

Tabla 3.7: Alternativas para procesos de secado de pintura.

Alternativa	Eficiencia	Costo	Capacidad	Horizonte en el tiempo
<p>Lámparas Infrarrojas</p> 	<p>Estos dispositivos que se utilizan en la industria automotriz para el secado de pintura tienen una eficiencia del 90%.</p>	<p>Una set de lámparas con pedestal móvil tiene un costo de 650 dólares americanos.</p>	<p>Un set de lámparas alcanza para secar secciones o una pieza de tamaño medio, utiliza 3KW de potencia Alcanza temperaturas de 60 °C en lapsos largos de tiempo</p>	<p>Cada set de lámparas tiene alrededor de 5000 horas de funcionamiento y se deben de cambiar</p>
<p>Horno cabina de pintura</p> 	<p>Esta maquinaria industrial tiene una eficiencia del 85% de su funcionamiento.</p>	<p>Su costo es de 20000 dólares en una fabricación nacional y de fabricación procedente China</p>	<p>Tienen la capacidad de albergar un auto completo o varias piezas a la vez y alcanzan temperaturas de 60 °C rápidamente y 10KW de potencia</p>	<p>Su mantenimiento en cada seis meses en cambio de filtros y su estructura es en su totalidad perdurable mientras tenga el mantenimiento adecuado</p>
<p>Pistola de calor</p> 	<p>Esta herramienta que insufla aire caliente hacia superficies tiene una eficiencia de 60 %</p>	<p>Su costo es de 250 en su presentación industrial</p>	<p>Puede calentar o secar pequeñas secciones menores a una panel y alcanza temperaturas de 60 °C en intervalos rápidos 2000w de potencia</p>	<p>Tiempo de vida relativamente corto tan solo tiene alrededor de 15000 horas de uso</p>

Fuente: [El Autor]

3.7.1. Matriz de criterios ponderados

Las alternativas dadas se han analizado en función de varios puntos de ponderación, los cuales se detallan a continuación.

Tamaño: Se refiere al área que ocupa el objeto, ya que existe una limitación dimensional que deben ser tomadas en cuenta en el diseño del sistema.

Funcionalidad: Se refiere al servicio que brinda el objeto para cumplir con la actividad planeada y la calidad de esta.

Costo: Representa el valor monetario del objeto junto a su instalación y puesta en funcionamiento.

Montaje: Se refiere a la dificultad del ensamble del objeto y su requerimiento de mano de obra certificada.

Durabilidad: Representa la vida útil del objeto bajo condiciones normales de operación y mantenimiento.

Repuestos: Comprende la disponibilidad de obtener refacciones en el mercado local para dicho objeto.

Los conceptos antes mencionados sirven para la ponderación y selección presentada en la tabla 3.8, como propuesta del proyecto.

Tabla 3.8: Matriz de selección para procesos de secado de pintura.

OPCIÓN		Tamaño	Funcionabilidad	Costo	Mantenimiento	Montaje	Durabilidad	Repuestos	TOTAL
TIPO	Lámparas infrarrojas	2	2	2	1	5	2	1	16
	Cabina horno de secado	5	5	1	2	2	5	5	25
	Pistola de calor	1	1	5	1	5	1	1	15
Criterio de evaluación: Satisfactorio (5); Medio (2); Insatisfactorio (1)									

Fuente: [El Autor]

Una vez analizadas las alternativas propuestas en la tabla anterior se puede observar que dentro de las necesidades requeridas por la empresa para el proceso de secado de pintura se tiene que una cabina horno sería la mejor opción para reducir los tiempos ya que tiene una eficiencia muy alta y puede realizarse el secado de varias piezas a la vez.

Tomando como concepto principal una cabina de pintura, analizando el requerimiento de la empresa con su disponibilidad de inversión se ha pensado en el diseño y construcción de un concepto que engloba al funcionamiento de una cabina normal sumado el objetivo de un cuarto limpio de pintura, nace como tal una cámara para reparaciones de tipo express como se ilustra en la figura 3.10, donde el principal problema a vencer es el tiempo de entrega y los reprocesos.

3.7.2. Cámara de pintura express

Este tipo de cabinas o cámaras de secado es de un tamaño mediano que tiene el objetivo de realizar la extracción efectiva de partículas ajenas a la pintura y las acumulaciones de residuos over spray, los cuales afectan al acabado superficial de la pieza. Además del secado a temperaturas las cuales ayuden a la utilización de productos de aplicación y curado rápido, con esto su costo es menor que el de una cabina normal con una gran versatilidad de instalación en zonas que no necesitan de obra civil.

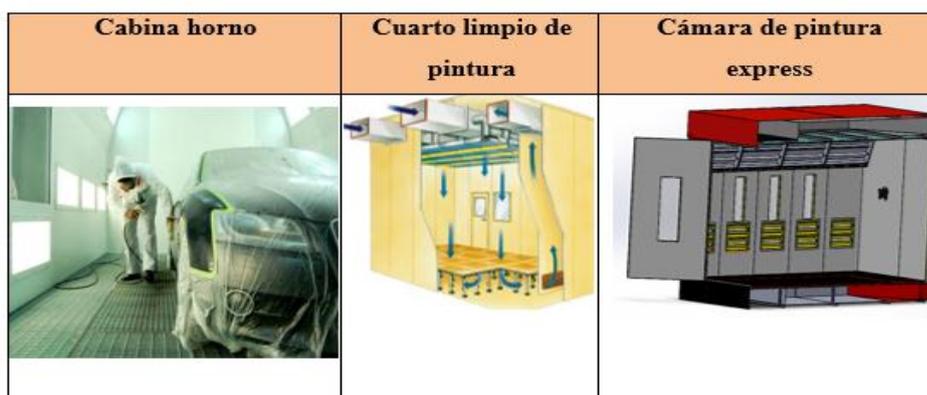


Figura 3.10: Tipos de maquinaria para secado de pintura automotriz.

Fuente: [El Autor]

3.7.3. Partes de cámara express

Las partes presentadas a continuación son las más relevantes para la construcción de una de este tipo, también se presentan varias opciones las mismas que se las evaluará con una matriz de criterios ponderados.

3.7.3.1. Estructura

Para la construcción de la cámara se realizara una estructura metálica desarmable de tubo cuadrado, perfiles de acero galvanizado como se observa en la figura 3.11, hechos con las medidas además del diseño deseado en secciones, esto tiene su objetivo para poder ser trasladable a cualquier lugar de la empresa y a su vez que no tenga obra civil ya que la haría estática.



Figura 3. 11: Tubos cuadrados y perfiles angulares de acero.

Fuente: [Catálogo digital DIPAC]

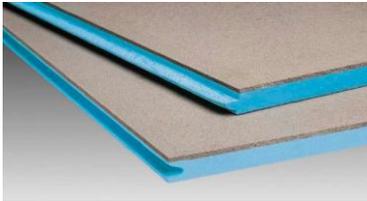
Las especificaciones técnicas de los perfiles se encuentran en el Anexo H.

3.7.3.2. Paredes térmicas

Para el aislamiento térmico existen varios tipos de productos que en la actualidad se encuentran disponibles además de la prefabricación de paredes térmicas en varios espesores, dependiendo de la necesidad del dispositivo que va a mantener la temperatura.

En la tabla 3.9 se presenta las opciones que se tienen en el mercado de nuestro país, estas características permiten a través de una selección de criterios ponderados el material adecuado enfocado a la reducción del costo.

Tabla 3.9: Tipos de aislantes térmicos y sus características.

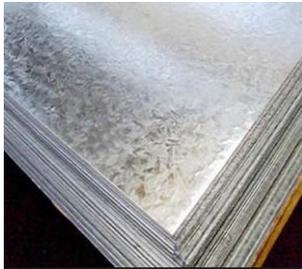
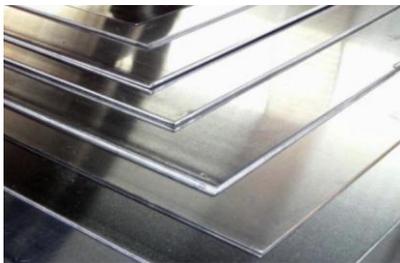
Productos utilizados como aislantes térmicos		
Producto	Descripción	Propiedades
<p>Poliestireno Expandido</p> 	<p>Este material llamado poliestireno expandido (EPS) es de origen sintético con una estructura molecular muy cerrada, además de su versatilidad para acoplarse en paredes compuestas y es muy utilizado en la construcción.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Densidad = (10-25) Kg/m³ • Conductividad térmica = (0,029 y 0,053) W/(m°K) • No se puede mojar • Inflamable
<p>Poliestireno Extruido</p> 	<p>El poliestireno extruido (XPS) es un producto similar al expandido, es utilizado en cubiertas y es tolerante a la humedad además tiene valores específicos de espesor.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Densidad = (30-33) Kg/m³ • Conductividad térmica = (0,025 y 0,040) W/(m°K) • Se puede mojar
<p>Espuma de poliuretano</p> 	<p>La espuma de poliuretano (PUR) está constituido por petróleo y azúcar lo cual hace una espuma densa y rígida además de una gran adherencia</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Densidad = 30 Kg/m³ • Conductividad térmica = (0,026 y 0,0224) W/(m°K) • No absorbe humedad • Inflamable
<p>Lana de roca</p> 	<p>Es un producto de origen mineral que en su gran mayoría es proveniente de roca volcánica con un aglomerante de tipo orgánico, se tienen espesores limitados.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Densidad = 30 Kg/m³ • Conductividad térmica = (0,03 y 0,05) W/(m°K) • Absorbe humedad • No inflamable
<p>Lana de vidrio</p> 	<p>Es una fibra mineral parecida a la lana de roca en donde su principal componente es arena y vidrio reciclado fundido y aglutinado con aceites minerales que permiten tener una estructura que conserva el calor de manera eficaz</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Densidad = 35 Kg/m³ • Conductividad térmica = (0,032 y 0,044) W/(m°K) • Absorbe humedad • No inflamable

Fuente: [Autor]

3.7.3.3. Paneles de recubrimiento

Los paneles que recubrirán la estructura, que serán parte de las paredes térmicas es decir las que aglomeren y mantengan en su interior el aislante, además de ser parte de los ductos que son fabricados a la medida necesaria para la cámara, serán de planchas o láminas de acero en diferentes espesores presentados en la tabla 3.10, lo mismos que se determinarán a lo largo de las condiciones de diseño.

Tabla 3.10: Tipos de planchas o láminas de acero características.

Láminas de recubrimiento		
Producto	Descripción	Propiedades
<p>Plancha de acero galvanizado liso</p> 	<p>Plancha de acero recubierta con zinc, disponible en presentación de acero galvanizado, de 4x8 pies. Ofrece alta resistencia a la corrosión y extensa duración.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Norma de fabricación NTE INEN 115; Calidad ASTM A653. • Espesores de 0,30mm a 2,80mm • Presentación de 4x8 pies. • Costo medio
<p>Planchas de acero antideslizante</p> 	<p>Plancha especial antideslizante de acero, disponible en presentación de Acero Negro, este tipo de plancha tiene varios usos, como recubrimiento de interiores en unidades móviles como buses.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Norma de fabricación NTE INEN 115; Calidad ASTM A 36 • Espesores de 2mm a 8mm • Presentación de 4x8 pies. • Costo alto
<p>Plancha de acero inoxidable</p> 	<p>Plancha en presentación de acero inoxidable, ofrece múltiples usos, techos, pisos, industria alimenticia, manufactura metálica, etc. Presenta gran resistencia y larga durabilidad y por lo general es utilizado en trabajos de asepsia máxima.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Norma de fabricación NTE INEN 115; Calidad AISI 201 – AISI 304 – AISI 430 2B – AISI 430 N4 • Espesores de 0,40mm a 15,00mm • Presentación 1220 x 2440mm • Costo muy alto

Fuente: [El Autor]

3.7.3.4. Sistema de calentamiento de calor

En el mercado actualmente existen varios equipos para realizar el calentamiento de aire como se muestra en la tabla 3.11, además de otros dedicados a la extracción de humedad de ciertos productos y materiales, para este sistema es necesario que aporte calor y alcance un rango de temperaturas de (50 - 60) °C, que es el requerimiento indispensable dentro del funcionamiento.

Tabla 3.11: Tipos de calentadores de aire características.

Sistemas de aporte de calor		
Producto	Descripción	Propiedades
<p>Unidad de calentamiento eléctrico</p> 	<p>Este tipo de calentadores de aire son una variante del intercambiador de aire con el fluida diferentes temperaturas y que requiere una renovación constante de aire por hora, por lo que es común verlos en salas de operaciones de hospitales para mantener el aire lo más limpio posible.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Potencia= 500W en adelante según requerimiento • Rango de temperatura= (50-80) °C • Eficiencia térmica= 92% • Tamaño pequeño • Bajo mantenimiento • Costo bajo
<p>Quemador diésel</p> 	<p>Es un dispositivo que tiene por objetivo quemar combustibles como diésel, bunker, GLP etc., actualmente en el mercado son los preferidos por su versatilidad y alta eficiencia térmica es un complemento básico de una caldera, y equipos de calentamiento como secadores.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Potencia= 33,500 a 90,000,000Btu/hora • Rango de temperatura= (60-320) °C • Eficiencia térmica= 90% • Tamaño mediano • Alta confiabilidad bajo mantenimiento • Costo medio
<p>Bancos de resistencia eléctricas para calentamiento de aire</p> 	<p>Este tipo de resistencias sirven para calentar aire y algunos gases pueden fabricarse de tubos, bulbos, aletas helicoidales, etc. Son utilizados en instalaciones que no necesiten rangos de temperaturas muy altas</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Potencia= (1-540)KW • Rango de temperatura= (50-820) °C • Eficiencia térmica= 95% • Tamaño grande • Alta confiabilidad bajo mantenimiento • Costo alto

Fuente: [El Autor]

3.7.3.5. Sistema de extracción de partículas

Este sistema es de vital importancia para la etapa de pintado al retirar la mayor parte de partículas de over spray, además de diferentes impurezas dentro del proceso que llegan a contaminar la superficie de los paneles o piezas completas que estén dentro de la cabina, por lo que el sistema debe ser de gran eficiencia tomando en cuenta las opciones de ventiladores en la tabla 3.12, ya que para el diseño se ha propuesto recirculación del aire caliente en la etapa de secado es decir que debe tener un empuje de aire caliente recirculatorio que evite el consumo excesivo de combustible o energía.

Tabla 3.12: Tipos de extractores de aire características.

Tipos de extractores de partículas		
Producto	Descripción	Propiedades
<p>Ventiladores centrífugos</p> 	<p>Es una maquina rotativa que a través de su turbina integrada a un canal llamado comúnmente como caracol por lo general este tipo es utilizado para grandes caudales.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Presión baja de trabajo • Potencia relacionada al volumen de aire • Tamaño grande • Costo medio • Eficiencia media
<p>Ventiladores axiales</p> 	<p>Este tipo de ventiladores o extractores se los llaman de manera común “en línea” es decir que está en el sentido longitudinal de los ductos de aire , lo cual diferencia que el flujo pasa a través de los alavés de las turbinas posea una gran versatilidad además de una fácil instalación</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Presión baja de trabajo • Potencia relacionada al volumen de aire • Tamaño mediano • Costo alto • Eficiencia baja en aplicaciones industriales

Fuente: [El Autor]

3.7.3.6. Filtrado del aire

En la mayoría de aplicaciones relacionadas a cabinas o cuartos limpios de pintura es necesario garantizar la calidad de aire que ingresa a este tipo de confinados presentando en la tabla 3.13 las variantes de filtros de aire, ya que por motivos de salud para el trabajador y de producción debe de estar lo más limpio posible el

aire en cada una de las etapas de funcionamiento, además que los productos utilizados dentro de estas cámaras no salgan a contaminar de forma agresiva el medio ambiente.

Tabla 3.13: Tipos de filtros de aire características.

Tipos de iluminación industrial		
Producto	Descripción	Propiedades
<p>Filtros de composición mixta</p> 	<p>Este tipo de filtros se los coloca en el inicio de los ductos es decir en el ingreso del aire a la cabina, como también en el sistema de extracción y empuje de aire caliente.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Medidas: rollos (1x20 y 2x20) m • Gran capacidad de acumulación de partículas • Costo bajo • Instalación rápida • Caudales de aire grande • Presentación en varios materiales
<p>Filtro de cartón plegado y perforado</p> 	<p>Por su concepto de filtro acordeón perforado, y como consecuencia de la separación por inercia, el aire cargado de partículas cambia de dirección varias veces, depositando dichas partículas en el fondo de la ranura del cartón, a la vez que el aire sigue su movimiento.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Medidas: rollos (1x20 y 2x20) m • Baja capacidad de acumulación de partículas • Costo bajo • Instalación rápida • Caudales de aire medios
<p>Manta filtrante de fibra de vidrio</p> 	<p>Las mantas de fibra de vidrio sirven ante todo para la retención de la nebulización de pintura que se produce en las cabinas de pintado a pistola y en los sistemas de barnizado, así como para filtrar partículas gruesas de polvo en las instalaciones de ventilación y secado</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Medidas: rollos (1x20 y 2x20) m • Gran capacidad de acumulación de partículas • Costo alto • Instalación rápida • Caudales de aire grandes

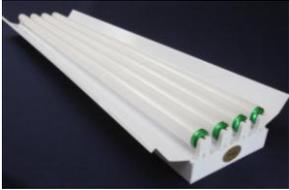
Fuente: [El Autor]

3.7.3.7. Iluminación

Uno de los puntos ergonómicos importantes en el momento de la aplicación de las capas de pintura, comodidad del trabajador al entrar en la cámara y la revisión de cualquier defecto que pueda amenazar con un acabado superficial sin duda alguna que la iluminación es un aspecto que complementa a cada uno de los sistemas que debe de tener la cámara para un trabajo óptimo.

Actualmente existe una gran gama de lámparas industriales pero para la aplicación del proyecto se presentan dos tipos en la tabla 3.14, para determinar la cantidad necesaria se utiliza el método de cálculo de lúmenes.

Tabla 3.14: Tipos de lámparas industriales características.

Tipos de iluminación industrial		
Producto	Descripción	Propiedades
<p>Lámparas de tubos fluorescentes</p> 	<p>Lámpara de tubos de arranque electrónico con un cuerpo de lámina de acero rolada en frío calibre 0.45 mm, transformador electrónico, pintada al horno con pintura en polvo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Funciona con energía de 110 a 120 voltios. • Tamaños 47 7/8" x 8" x 1 7/8. • Potencia= 160w • Lumens =(1240-5246) • Resistencia a la temperatura • Costo bajo
<p>Lámparas led</p> 	<p>Es una nueva tecnología de luces led proporcionan una luz más blanca con un menor consumo de energía, puede funcionar con corriente alterna o continua, adecuada para aplicaciones donde la irradiación de luz debe de ser completa.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Funciona con energía de 110 voltios. • Tamaños varios • Potencia= 135w • Lumens =(14300) • Resistencia a la temperatura • Costo alto de instalación

Fuente: [El Autor]

3.7.4. Tablas Resumen de selección de alternativas

Las tablas 3.15 hasta 3.21, presentan la selección de cada uno de los elementos considerados para el diseño de la cámara express.

Tabla 3.15: Matriz de selección para tipo de estructura.

OPCIÓN		Tamaño	Funcionabilidad	Costo	Mantenimiento	Montaje	Durabilidad	Repuestos	TOTAL
Estructura	Desarmable	5	5	2	5	2	5	5	29
	Fija	5	2	2	2	2	5	2	20
Criterio de evaluación: Satisfactorio (5); Medio (2); Insatisfactorio (1)									

Fuente: [El Autor]

Tabla 3.16: Matriz de selección para aislante térmico.

OPCIÓN		Tamaño	Funcionabilidad	Costo	Mantenimiento	Montaje	Durabilidad	Repuestos	TOTAL
AISLANTE TÉRMICO	Lana de vidrio	2	2	5	1	1	2	5	18
	Poliestireno extruido	2	2	2	1	1	2	5	15
	Espuma de poliuretano	2	5	1	1	1	5	5	20
	Lana de roca	5	2	1	2	5	5	5	25
	Poliestireno expandido	5	5	5	2	5	5	5	32
Criterio de evaluación: Satisfactorio (5); Medio (2); Insatisfactorio (1)									

Fuente: [El Autor]

Tabla 3.17: Matriz de selección para láminas de recubrimiento.

OPCIÓN		Tamaño	Funcionabilidad	Costo	Mantenimiento	Montaje	Durabilidad	Repuestos	TOTAL
LAMINAS DE RECUBRIMIENTO	Acero Galvanizado	5	5	5	5	2	2	5	29
	Acero galvanizado antideslizante	5	2	1	1	2	5	5	21
	Inoxidable	5	5	1	5	2	5	5	28
Criterio de evaluación: Satisfactorio (5); Medio (2); Insatisfactorio (1)									

Fuente: [El Autor]

Tabla 3.18: Matriz de selección para el sistema de aporte de calor a la cámara.

OPCIÓN		Tamaño	Funcionabilidad	Costo	Mantenimiento	Montaje	Durabilidad	Repuestos	TOTAL
SISTEMA APORTE DE CALOR	Unidad de calentamiento eléctrico	2	2	2	2	5	2	1	16
	Quemador diésel	5	5	1	5	2	5	5	28
	Banco de resistencia eléctricas	2	2	1	2	2	5	1	15
Criterio de evaluación: Satisfactorio (5); Medio (2); Insatisfactorio (1)									

Fuente: [El Autor]

Tabla 3.19: Matriz de selección para el sistema de extracción de partículas.

OPCIÓN		Tamaño	Funcionabilidad	Costo	Mantenimiento	Montaje	Durabilidad	Repuestos	TOTAL
SISTEMA EXTRACCIÓN DE PARTICULAS	Ventiladores centrífugos	5	5	2	5	2	5	5	29
	Ventiladores axiales	2	2	5	5	2	5	5	26
Criterio de evaluación: Satisfactorio (5); Medio (2); Insatisfactorio (1)									

Fuente: [El Autor]

Tabla 3.20: Matriz de selección para el filtrado de aire.

OPCIÓN		Tamaño	Funcionabilidad	Costo	Mantenimiento	Montaje	Durabilidad	Repuestos	TOTAL
FILTRADO DE AIRE	Filtros de materiales mixtos	5	5	1	2	2	5	2	22
	Filtros de cartón	2	2	5	5	2	1	5	22
	Filtros de manta de fibra de vidrio	5	5	5	2	5	2	5	29
Criterio de evaluación: Satisfactorio (5); Medio (2); Insatisfactorio (1)									

Fuente: [Autor]

Tabla 3.21: Matriz de selección para el filtrado de aire.

OPCIÓN		Tamaño	Funcionalidad	Costo	Mantenimiento	Montaje	Durabilidad	Repuestos	TOTAL
ILUMINACIÓN	Lámparas luces led	5	5	5	5	5	2	5	32
	Lámparas de tubos fluorescentes	5	5	2	2	5	5	2	26
Criterio de evaluación: Satisfactorio (5); Medio (2); Insatisfactorio (1)									

Fuente: [Autor]

En relación al criterio de ponderación de alternativas se determinó lo siguiente:

- Para el tipo de estructura tenemos de forma desarmable esto hace que se pueda instalar en cualquier parte de la empresa.
- Para el aislante térmico se usará poliestireno expandido por la versatilidad ya que las disposiciones geométricas de las paredes tienen orificios.
- Para las láminas de recubrimiento se tiene el material de acero galvanizado liso que nos ayuda en el mantenimiento de las paredes internas, además de la versatilidad de construcción.
- Para el sistema de aporte de calor se determinó un quemador ya que puede elevar la temperatura a la cual necesitamos para el secado de las piezas además de que su consumo de combustible es reducido y el costo es módico.
- Para el sistema de extracción de partículas se tienen ventiladores de tipo centrifugo lo cual puede tener un regulación del flujo de aire ya que el motor de estos se encuentra en la parte externa.
- Para el sistema de filtrado de aire se tiene las mantas de fibra de vidrio las mismas que proporcionan la funcionalidad adecuada sumado a una rápida instalación y versatilidad en sus formas.

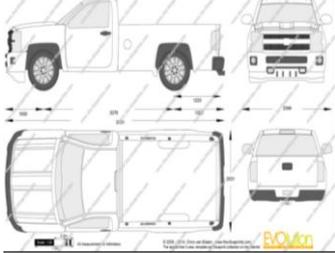
- Para el sistema de iluminación se tiene lámparas de tubos de tipo led las mismas que tienen protecciones para trabajar a temperaturas elevadas además de su fácil mantenimiento y consecuente funcionalidad.

3.8. Criterios para el dimensionamiento de cabinas

Para realizar el dimensionamiento de la cámara express es necesario tomar en cuenta las medidas de los paneles, refuerzos y compactos de autos que existen en el mercado ecuatoriano ya que en este tipo de maquinaria no se ingresara el auto de manera completa pero los datos que existen se los tomara en cuenta como el auto más pequeño que ingresa para arreglos como son el Chevrolet Spark y como el vehículo más grande que se somete a arreglos es la camioneta doble cabina Chevrolet Silverado como se muestra en la tabla 3.22.

Estos autos en la actualidad son los que ingresan de manera frecuente además de otras marcas que existen en el mercado pero que están dentro de los rangos como son estos dos autos.

Tabla 3.22: Dimensiones generales de Chevrolet Spark y Silverado.

Chevrolet Spark	Chevrolet Silverado doble cabina
	
	
<p>Dimensiones Generales</p> <p>H = 1500 mm</p> <p>LT = 2345mm</p> <p>A = 1495 mm</p>	<p>Dimensiones Generales</p> <p>H = 1872 mm</p> <p>LT = 5847mm</p> <p>A = 2427 mm</p>

Fuente: [El Autor]

Los autos presentados a continuación son los considerados como las referencias para el tamaño de la cámara es decir que sus medidas generales son las que predominan para el tamaño de paneles, accesorios y elementos de compacto estructural y sus medidas, que ingresaran en cualquier momento en la cámara para piezas como se aprecia en la tabla 3.23.

Tabla 3.23: Dimensiones de altura y largo de autopartes Chevrolet Spark y Silverado.

Medidas generales de repuestos	
Chevrolet Spark	Chevrolet Silverado doble cabina
	
 L = 753mm ; h = 658 mm	 L = 989mm ; h = 734mm
 L = 1005mm ; h = 853 mm	 L = 1351mm ; h = 950 mm
 L = 1100mm ; h = 615 mm	 L = 1245mm ; h = 970 mm
 L = 1300mm ; h = 325 mm	 L = 2210mm ; h = 198 mm

Fuente: [El Autor]

Una vez determinadas las medidas mínimas (L=615mm y h=198mm) y máximas (L=2210mm y h=970mm) de autopartes de los modelos Spark y Silverado perteneciente a la marca Chevrolet existentes en el mercado ecuatoriano además de las referencias mostradas en el cuadro anterior se puede englobar medidas de diferentes marcas como Ford, Hyundai, Toyota, Mazda, Volkswagen y entre otras más que están dentro del rango de medidas de autopartes en casi la totalidad de sus modelos excepto modelos de furgonetas y camiones pequeños.

3.9. Dimensiones de la cámara

Las dimensiones de la cámara de pintura en referencia a la investigación anterior se presentan a continuación en la tabla 3.24.

Tabla 3.24: Dimensiones generales de la cámara express de pintura

Dimensiones efectivas de trabajo	Medida en mm
Ancho	4000
Altura	2200
Profundidad	4000

Fuente: [El Autor]

Dadas estas medidas se tiene un volumen total de $35,2 \text{ m}^3$ el mismo que servirá para determinar los cálculos térmicos, además, del empuje de aire caliente necesario para que la cámara alcance las temperaturas de trabajo en su ambiente interior y en el área de 16m^2 siendo la superficie de trabajo como se observa en la figura 3.12 y 3.13.

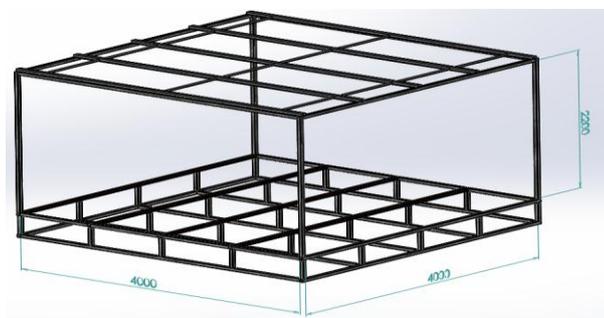


Figura 3.12: Dimensiones efectivas de trabajo de la cámara de pintura express.

Fuente: [El Autor]

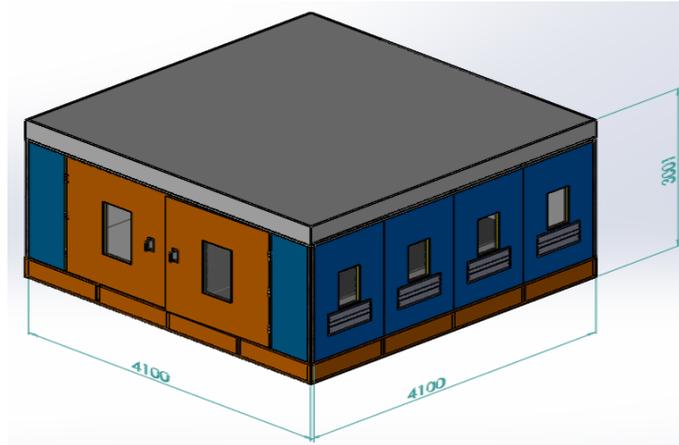


Figura 3.13: Dimensiones generales de la cámara de pintura express.

Fuente: [Autor]

3.10. Distribución de las zonas de trabajo de la empresa

En la figura 3.14 se puede observar la distribución de las zonas de trabajo de la empresa.

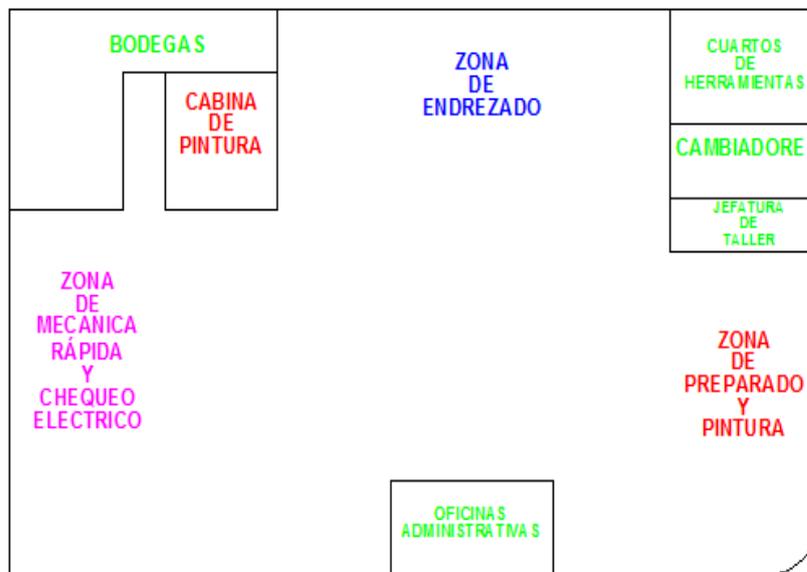


Figura 3.14: Distribución de zonas de trabajo de la empresa Fixauto.

Fuente: [El Autor]

Actualmente este esquema es el que se asemeja a la distribución de espacios para cada trabajo que se realiza dentro de la empresa en la zona de producción, esta

distribución es inalterable ya que las camas enderezadoras que se encuentran en la zona de enderezado son fijas en el suelo por lo cual tienen perforaciones de 1.80 m de profundidad y varias configuraciones de obra civil, es decir que el proyecto de la cámara de secado debe mantener la distribución en la zona a la cual pertenece la actividad.

3.11. Ubicación de la cámara de secado express

De acuerdo con la distribución de espacios de trabajo en la empresa lo más idóneo para la ubicación de la cámara debe de ser en la zona de preparado y pintura para la rápida movilización de las piezas a pintar, además de que en esta zona se encuentra uno de los compresores con sus líneas de distribución y también en esta zona se halla ubicada una habitación de distribución de materiales para pintado y una área de colorimetría dentro de la misma como se muestra en la figura 3.15.

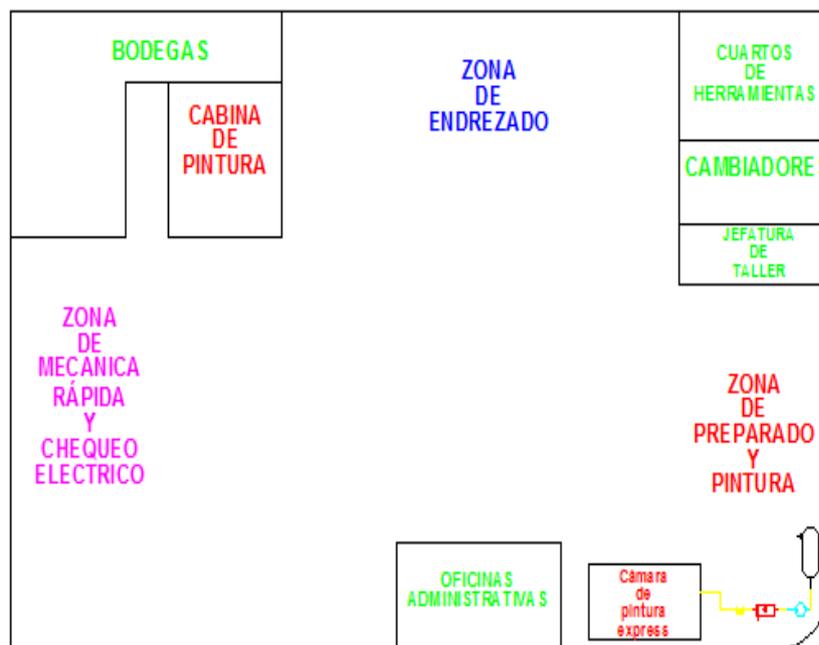


Figura 3.15: Ubicación de la cámara de secado en la empresa Fixauto.

Fuente: [El Autor]

El área disponible actualmente sirve para albergar un auto dentro de la zona de preparado y pintura como se presenta en la figura 3.16.



Figura 3.16: Espacio real dentro de la zona de preparado y pintura.

Fuente: [Autor]

3.12. Modelado de la estructura

Las medidas de esta cámara secador no son las estándar que normalmente tiene una cabina de pintura, es decir que en este caso se someterá al requerimiento de las necesidades del proceso y la disponibilidad del espacio en la empresa.

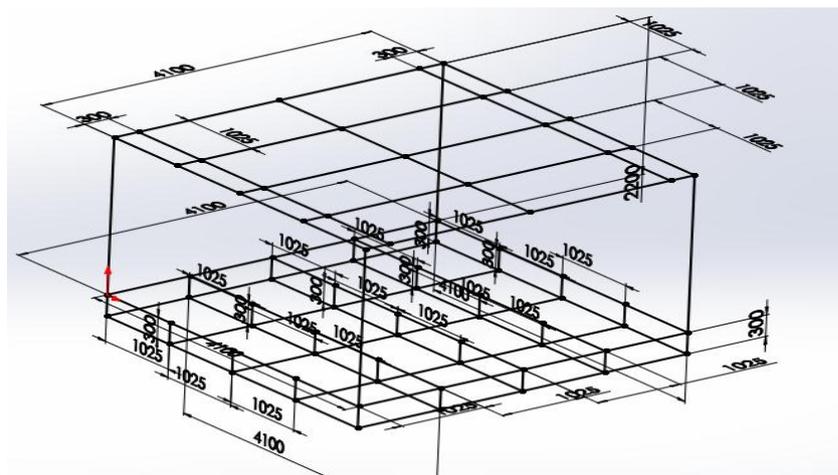


Figura 3.17: Modelado de la estructura mediante un software de parametrización, vista alámbrica.

Fuente: [Autor]

Una vez determinadas las medidas y relacionando el diseño con los requerimientos de la empresa para la siguiente maquinaria se dispone a realizar la estructura para lo que se debe tomar en cuenta cada una de las cargas que estará soportando tales como peso del plenum, recubrimientos, además, del propio peso de la misma.

Para el efecto de la resistencia de la estructura se tienen los siguientes parámetros de selección que serán comprobados con cálculos y simulaciones estáticas.

- Tubo cuadrado de 50 x 50 x 1.5mm acero galvanizado
- Perfiles omega 70 x 60 x 0,7mm de acero galvanizado
- Perfiles T 30 x 30x 3mm de acero galvanizado
- Ángulo L 25 x 25 x 5mm de acero A 36

Las especificaciones técnicas de cada uno de estos elementos estructurales se encuentran en el Anexo E.

3.13. Diseño y análisis estructural de la cámara

Los perfiles especiales de chapa de acero galvanizado son laminados en frío y su fabricación puede estar sustentada al requerimiento y a las presentaciones de espesores que tienen las láminas, este tipo de perfil puede constar de varios dobleces ya que son maleables, además, son comunes en estructuras prefabricadas de edificios y furgones; norma de fabricación NTE INEN 1623; Calidad ASTM A36 - SAE J 403 1008 se encuentran en espesores de 0,5 a 3 mm y de largos de 6m.

3.13.1. Análisis estructural del techo

Para determinar el valor que la estructura resistirá en la parte del techo se sumarán desde el peso de una persona promedio la cual debe de realizar el mantenimiento de manera periódica además todas las cargas presentes como la del plenum, soportes de filtros, láminas de recubrimiento y los mismos perfiles de acero galvanizado que forman parte de la estructura superior como se observa en la tabla 3.25.

Tabla 3.25: Cargas presentes en el techo de la estructura.

Componente	Peso [Kg]	Carga [N]
Plenum	166.16	1628.3
Persona Promedio	70	686
Soportes de filtro	10	98
Láminas de recubrimiento	24	235.2
Total	270.16	2647.2

Fuente: [Autor]

Para encontrar la carga de todos los elementos estructurales se realizó una asignación de material en el mismo programa como se aprecia en las figuras 3.18 y 3.19, las mismas que arrojaron los resultados de peso en [gr] los cuales fueron transformados para encontrar la carga en [N].

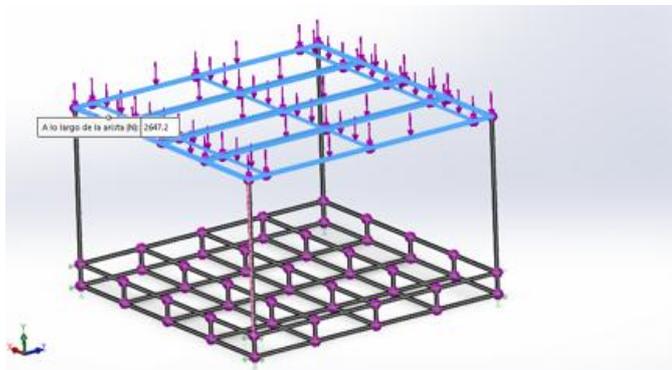


Figura 3.18: Distribución de cargas a lo largo del techo en el programa.

Fuente: [ElAutor]

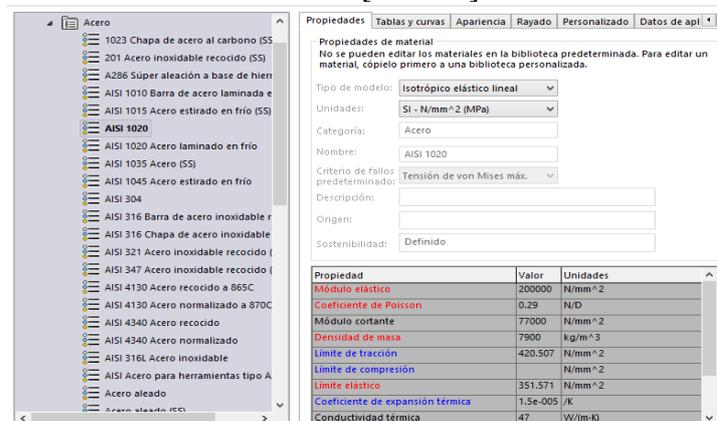


Figura 3.19: Designación del material de la estructura superior.

Fuente: [El Autor]

Una vez obtenido estos datos se procede a realizar la simulación estática como se aprecia en la figura 3.20, para determinar los esfuerzos resultantes en la misma teniendo en consideración que toda la parte inferior del piso estará empotrada es decir en sujeción al piso con pernos.

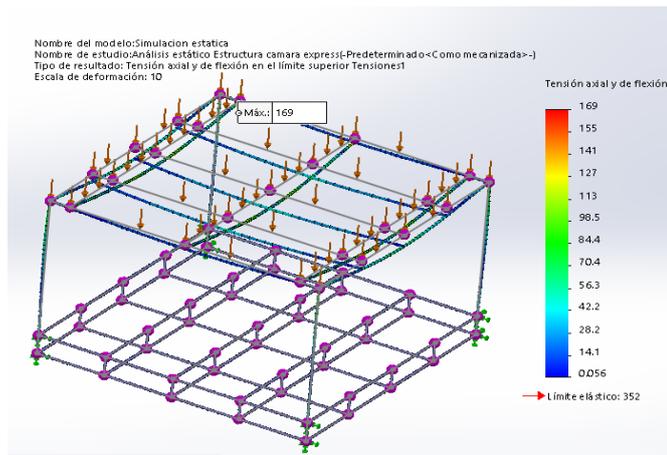


Figura 3.20: Esfuerzo máximo admisible en la estructura.

Fuente: [El Autor]

Con los parámetros antes mencionados se realizó la simulación estática de la estructura superior en donde se determina que el esfuerzo máximo que podría soportar esta estructura es de 253 MPa con un desplazamiento máximo de la estructura superior de 29 mm como se observa en la figura 3.21.

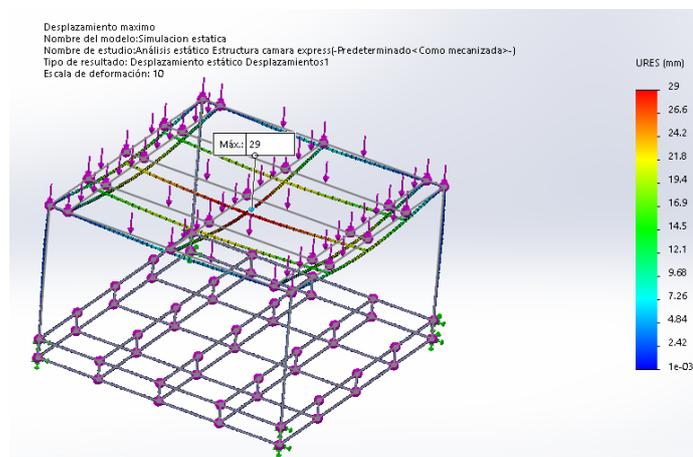


Figura 3.21: Desplazamiento máximo en la estructura en el programa.

Fuente: [El Autor]

Además del esfuerzo y los desplazamientos máximos se debe determinar el factor de seguridad el cual resultó mediante cálculo computacional en la simulación de $n_s=2,1$ ($n_s >1$ OK) como se muestra en la figura 3.22, el mismo que da una idea aproximada de que el diseño no está sobredimensionado y que no incurre en gastos de material estructural excesivos, a pesar de que también es un valor medio pero que está dentro de los límites lo cual quiere decir que la calidad del material es la adecuada y el control de carga está distribuido de forma que la disposición de la estructura no falle y entra en un punto de confiabilidad alto.

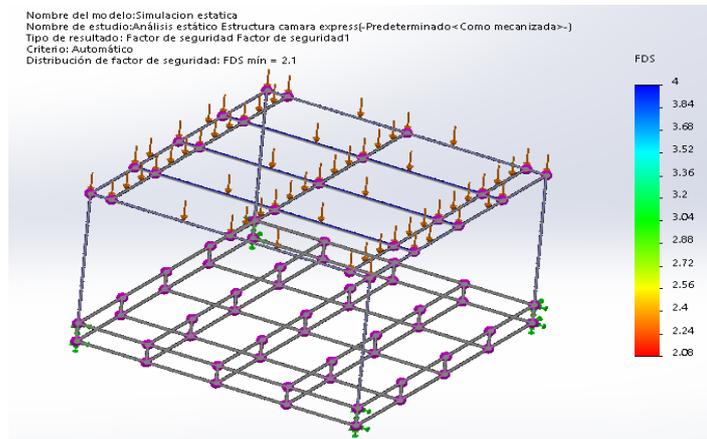


Figura 3.22: Factor de seguridad de la estructura.

Fuente: [El Autor]

3.13.2. Análisis estructural del piso

Para la simulación estructural del piso se tomarán en cuenta los valores que se muestran en la tabla 3.26.

Tabla 3.26: Cargas presentes en el techo de la estructura.

Componente	Peso [Kg]	Carga [N]
Rejillas 0.9x1m e=25mm	226,2	2216.4
2 Personas promedio	140	1372
Láminas de recubrimiento	60.2	589.96
Total	426.4	4178.4

Fuente: [El Autor]

Los datos conseguidos para el estudio del piso se los obtuvo a través del programa computacional de diseño como se observa en la figura 3.23, en donde con las propiedades del material de la estructura y los demás accesorios que forman parte de ella con esto se tiene los siguientes resultados.

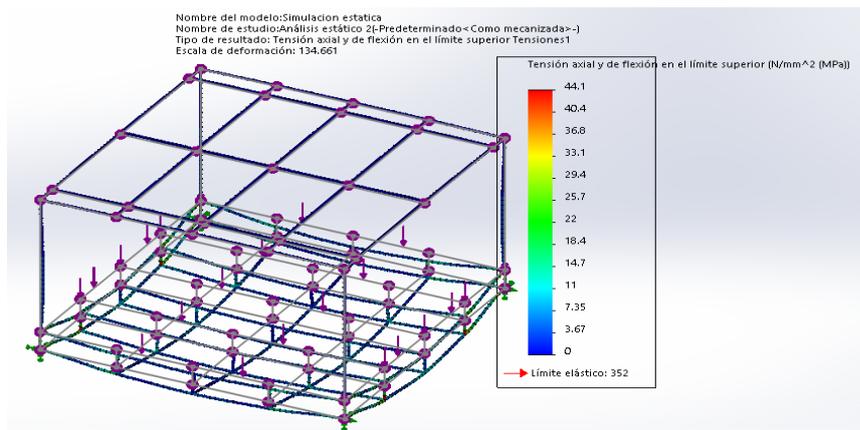


Figura 3.23: Esfuerzo máximo admisible en la estructura del piso.

Fuente: [El Autor]

El esfuerzo máximo permisible que acepta la estructura inferior del piso es de 44,1 MPa con un desplazamiento máximo de 3,12 mm presentados en la figura 3.24, que en relación con la longitud de las vigas mostradas en el diseño son mínimas e inherentes a simple vista en la realidad.

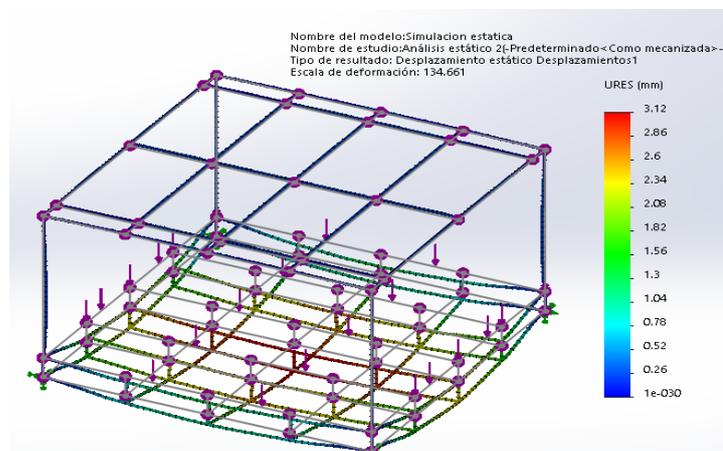


Figura 3.24: Desplazamiento máximo en la estructura en el programa solidworks 2015.

Fuente: [El Autor]

Una vez calculados los esfuerzos y desplazamientos máximos se tiene un factor de seguridad de $n_s = 4,8$ ($n_s > 1$ Ok) que se presenta en la figura 3.25 lo cual quiere decir que la estructura es muy segura además que tiene un alto grado porcentaje de confiabilidad pero que también está sobredimensionado los miembros estructurales que están presentes en la estructura del piso, ya que debería de tener un factor mayor a la unidad pero máximo a tres, un factor excesivo hace que se incurra en gastos de material es decir se recomienda disminuir las dimensiones además de espesores del tubo cuadrado a 40 x 40 x 1,5 mm, con esta medida de tubos se logra tener un $n_s = 2,7$ que para esta aplicación estaría muy acertado el factor de seguridad.

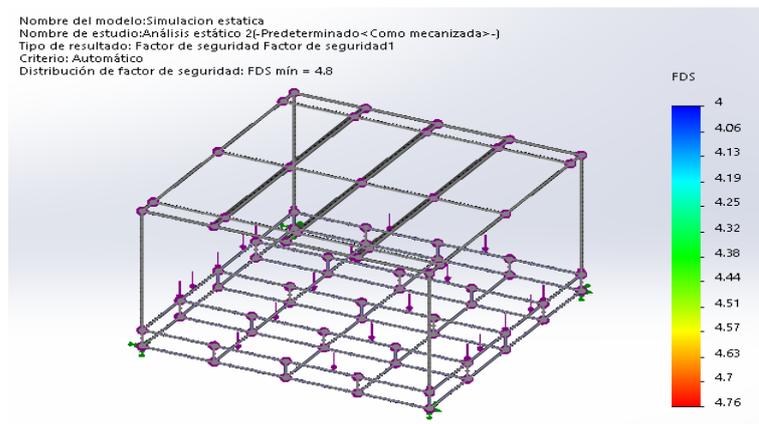


Figura 3.25: Factor de seguridad de la estructura.

Fuente: [El Autor]

3.13.3. Análisis estático de componentes de recubrimiento del piso

El recubrimiento de la estructura del piso consta de 8 rejillas prefabricadas de pletina de 900 x 1000 mm con una altura de 25 mm y espesor de 5mm como se observa en la figura 3.26, las mismas son usadas para la zona central donde se encuentra la fosa de aspiración del aire, esto permite que se pueda renovar y filtrar el aire en el suelo y a la entrada de la turbina de presión para así recircular el aire en la fase de pintado, esto sumado a láminas de acero galvanizado de 1,5 mm de espesor con medidas de 956x400 mm que se encuentran dispuestas a los

costados de las rejillas metálicas centrales esto sirve de piso para el tránsito del personal de pintura además de soporte para las piezas automotrices que se situaran dentro de la cámara de secado.

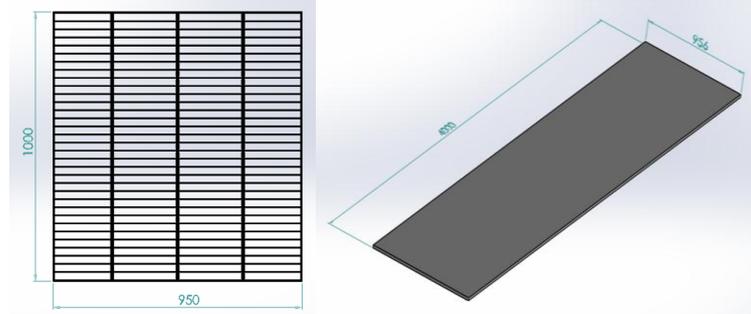


Figura 3.26: Componentes de recubrimiento y apoyo del piso.

Fuente: [El Autor]

Al igual que en los casos anteriores de simulación se consideran las cargas presentes en la tabla 3.27, para determinar los datos necesarios que permitan comprobar el diseño de los elementos.

Tabla 3.27: Cargas presentes en los elementos del piso.

Componente	Peso [Kg]	Carga [N]
Paneles automotrices (max 6)	60	589,2
2 Personas promedio	140	1372
Total	200	1961,2

Fuente: [El Autor]

Para determinar los esfuerzos y desplazamientos máximos de cada uno de los elementos se establece el peor caso de carga que pueda ser empleado de forma que evitemos el fallo del componente en el funcionamiento real de la cámara como se observa en la figura 3.27.

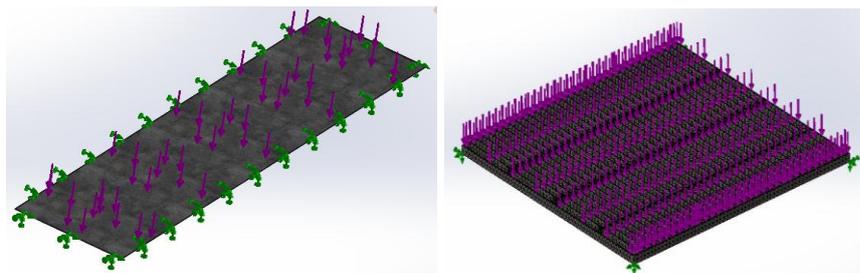


Figura 3.27: Distribución de cargas de los elementos del piso.

Fuente: [El Autor]

3.13.3.1. Determinación del criterio de von Mises de los elementos del piso

Este análisis es de gran importancia en teoría de falla de materiales dúctiles en donde se consideran las tensiones principales que actúan en el elemento esto quiere decir que si la tensión de von Mises que se presenta en la Ec. 4, se acerca al límite de fluencia o lo sobrepasa se podría dar el caso de falla, de este modo se asegura que los elementos tengan un alto porcentaje de confiabilidad.

$$\sigma_{VM} = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2}{2}} \quad (4)$$

Donde:

$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3 \rightarrow$ esfuerzos principales

$\sigma_{VM} =$ Tension de von Mises

$\sigma_{VM} \geq \sigma_{Limite}$

El programa computacional toma en consideración dentro de su parametrizado un cálculo donde influyen la mayoría de factores para realizar los esfuerzos principales, es por esto que el único factor que podemos alterar es el de la temperatura, para determinar el factor de seguridad que se observa en la Ec. 5.

$$n_s = \frac{\sigma_{Limite}}{\sigma_{VM}} \quad (5)$$

Donde:

$\sigma_{VM} =$ Tension de von Mises

$\sigma_{Limite} =$ Tension de ruptura

Este criterio está determinado por un gran factor que es la temperatura, para este caso en particular el rango de temperaturas utilizado es variante ya que es de (20 – 60)°C en la etapa de pintado, en este proceso se consigue el límite máximo de temperatura lo que también hace que en ese proceso no exista personal del área de

pintura presente y solo deben de estar los paneles a secar, los mismos se presentan en la figura 3.28 la tensión de von Mises para cada uno de los elementos.

Tensión de von Mises

- Rejilla = 9,76 MPa
- Lamina lateral = 8,01 MPa

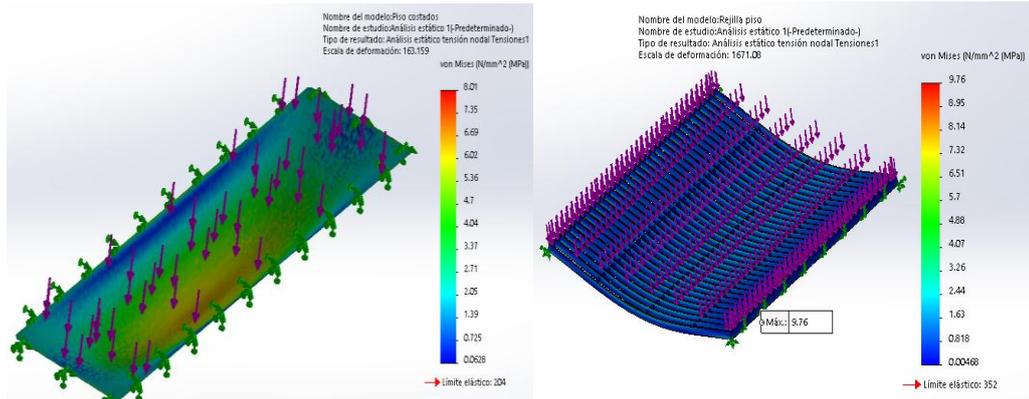


Figura 3.28: Esfuerzo de Von Mises en los elementos del piso.

Fuente: [El Autor]

Para este caso se despreció la temperatura ya que no afecta de gran manera los 60°C y las cargas presentes son despreciables en la etapa de pintado, se obtienen los siguientes resultados presentes en la figura 3.29.

Desplazamientos Máximos

- Rejilla = 0,058 mm
- Lamina lateral = 2,45 mm

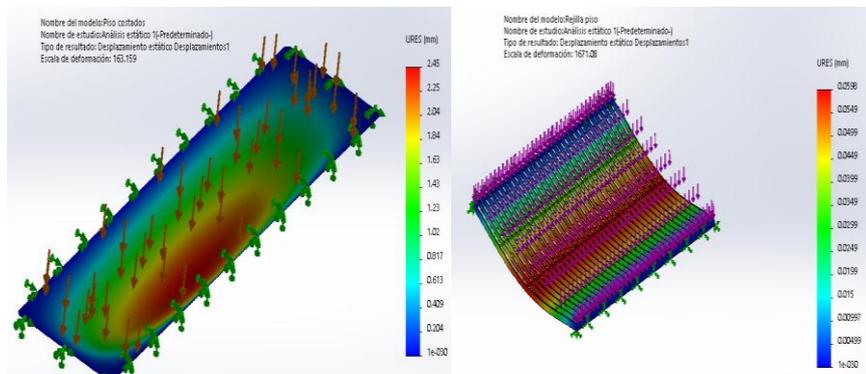


Figura 3.29: Desplazamiento máximo en los elementos del piso.

Fuente: [El Autor]

En la figura 3.30 se presentan los resultados del análisis computacional del factor de seguridad para los elementos del piso .

Factor de seguridad

- Rejilla = 36 ($n_s > 1$ Ok)
- Lamina lateral = 25,5 ($n_s > 1$ Ok)

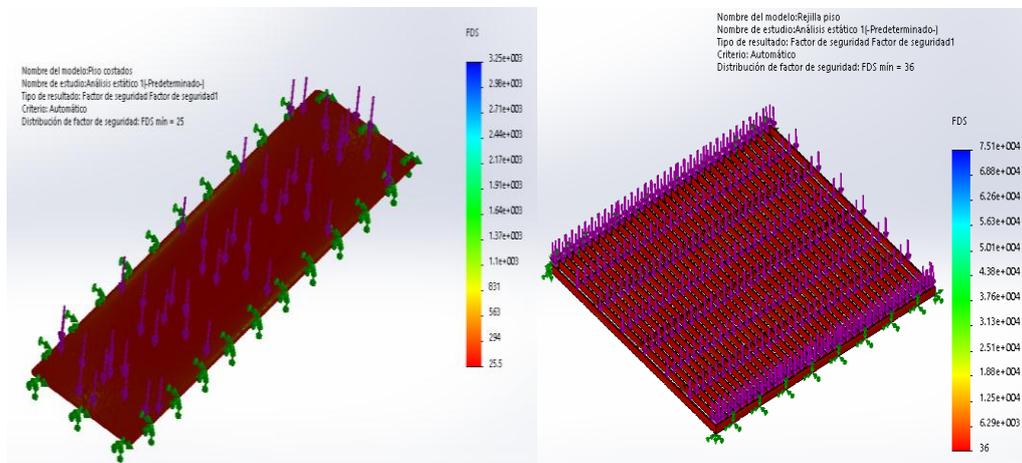


Figura 3.30: Factores de seguridad en los elementos del piso.

Fuente: [El Autor]

Los factores de seguridad presentados en la simulación son elevados lo cual presenta un sobredimensionamiento de los elementos pero en este caso las rejillas son estandarizadas es decir que su fabricación en la mayoría de empresas es de forma similar con longitudes desde un metro hasta seis con las dimensiones de pletina que se encuentran en el mercado, esto no podría variar de forma significativa su configuración lo que nos deja con la opción de un cambio del material de fabricación pero influiría en que las rejillas de material PVC que se encuentran en el mercado son muy costosas y triplican el valor de las de acero.

En el caso de la lámina de acero galvanizado también se tiene un factor de seguridad elevado pero está sujeto a una variación en el espesor de la placa lo cual influiría en la reducción de costos en material.

3.14. Diseño y análisis térmico de la cámara

Para realizar el estudio analítico de la transferencia de calor que se encuentra presente dentro de la cámara de secado se tiene que considerar parámetros muy importantes como son las temperaturas ambientales a las que está sometida esto obedece a que se debe determinar el límite inferior para el inicio de funcionamiento, gracias a datos climáticos las temperaturas de la ciudad de Ambato en donde tendrá funcionamiento el proyecto son diversas las cuales están en un rango de $(15,6 - 23)^{\circ}\text{C}$, esto está en dependencia de las condiciones ambientales por lo cual tomaremos el límite inferior de este rango que son 15°C como se observa en la tabla 3.28 .

Para el proceso de secado necesitamos un rango de temperaturas de $(50 - 60)^{\circ}\text{C}$ que hacen que los productos de secado “fast” actúen de manera correcta.

Tabla 3.28: Temperaturas de funcionamiento.

Consideraciones de funcionamiento		
Temperaturas de funcionamiento	Unidad [$^{\circ}\text{C}$]	Unidad [$^{\circ}\text{K}$]
Temperatura ambiental más baja (T_e)	15	288
Temperatura máxima esperada del sistema (T_w)	60	333

Fuente: [Autor]

Para analizar las propiedades que debe tener el aire en la aplicación se tiene que encontrar la temperatura de película (T_f) de la Ec. 6, que es la temperatura a la que se encuentra en el interior de un calentador, es de gran importancia para la durabilidad del intercambiador de calor, como se muestra en el capítulo de intercambiadores de calor del libro de Cengel Y. en la pág.633

$$T_f = \frac{T_w + T_e}{2} \quad (6)$$

$$T_f = \frac{60 + 15}{2}$$

$$T_f = 37,5^{\circ}\text{C}$$

Las propiedades del aire a la temperatura de la aplicación de la cámara express se muestran en la tabla 3.29.

Tabla 3.29: Propiedades del aire seco a presión atmosférica.

884 APÉNDICE I							
TABLA A-15							
Propiedades del aire a la presión de 1 atm							
Temp., T, °C	Densidad, ρ , kg/m ³	Calor específico, c_p , J/kg · K	Conductividad térmica, k, W/m · K	Difusividad térmica, α , m ² /s ²	Viscosidad dinámica, μ , kg/m · s	Viscosidad cinemática, ν , m ² /s	Número de Prandtl, Pr
-150	2.866	983	0.01171	4.158×10^{-6}	8.636×10^{-6}	3.013×10^{-6}	0.7246
-100	2.038	966	0.01582	8.036×10^{-6}	1.189×10^{-6}	5.837×10^{-6}	0.7263
-50	1.582	999	0.01979	1.252×10^{-5}	1.474×10^{-5}	9.319×10^{-6}	0.7440
-40	1.514	1002	0.02057	1.356×10^{-5}	1.527×10^{-5}	1.008×10^{-5}	0.7436
-30	1.451	1004	0.02134	1.465×10^{-5}	1.579×10^{-5}	1.087×10^{-5}	0.7425
-20	1.394	1005	0.02211	1.578×10^{-5}	1.630×10^{-5}	1.169×10^{-5}	0.7408
-10	1.341	1006	0.02288	1.696×10^{-5}	1.680×10^{-5}	1.252×10^{-5}	0.7387
0	1.292	1006	0.02364	1.818×10^{-5}	1.729×10^{-5}	1.338×10^{-5}	0.7362
5	1.269	1006	0.02401	1.880×10^{-5}	1.754×10^{-5}	1.382×10^{-5}	0.7350
10	1.246	1006	0.02439	1.944×10^{-5}	1.778×10^{-5}	1.426×10^{-5}	0.7336
15	1.225	1007	0.02476	2.009×10^{-5}	1.802×10^{-5}	1.470×10^{-5}	0.7323
20	1.204	1007	0.02514	2.074×10^{-5}	1.825×10^{-5}	1.516×10^{-5}	0.7309
25	1.184	1007	0.02551	2.141×10^{-5}	1.849×10^{-5}	1.562×10^{-5}	0.7296
30	1.164	1007	0.02588	2.208×10^{-5}	1.872×10^{-5}	1.608×10^{-5}	0.7282
35	1.145	1007	0.02625	2.277×10^{-5}	1.895×10^{-5}	1.655×10^{-5}	0.7268
40	1.127	1007	0.02662	2.346×10^{-5}	1.918×10^{-5}	1.702×10^{-5}	0.7255
45	1.109	1007	0.02699	2.416×10^{-5}	1.941×10^{-5}	1.750×10^{-5}	0.7241
50	1.092	1007	0.02735	2.487×10^{-5}	1.963×10^{-5}	1.798×10^{-5}	0.7228

Fuente: [10]

Propiedades del aire seco a la temperatura de 37,5 °C mediante interpolación, resultados que se muestran en la tabla 3.30.

Tabla 3. 30: Propiedades del aire seco a temperatura de 37,5°C a presión atmosférica.

Temp	Densidad	Calor específico	Conductividad térmica	Difusividad térmica	Viscosidad dinámica	Viscosidad cinemática	Número de Prant
°C	ρ , Kg/m ³	C_p , J/Kg * K	k , W/m * K	α , m ² /s ²	μ , Kg/m * s	ν , m ² /s	Pr
37.5	1.136	1007	0.02644	2.3115x10-05	1.9065x10-05	1.6785x10-05	0.72615

Fuente: [10]

Una vez obtenido los siguientes valores se determina el valor del caudal tomando en cuenta que el sistema renovará el aire de la cámara 1,5 veces por minuto lo que recomienda el manual de diseño de sistema de ventilación SODECA en la Ec. 7 especificado en el Anexo L, de esto se toma en cuenta que es una aplicación industrial que no incluye confort térmico además de que las medidas son más

pequeñas normalmente se realiza una renovación de 1,3 pero para este análisis se utilizar nuestro valor escogido.

$$Q = \text{Volumen total} \times \text{Renovaciones por minuto} \quad (7)$$

$$\mathbf{VOLUMEN\ TOTAL = 35,2m^3}$$

$$Q = 35,2m^3 \times 1,5 \text{ renovaciones por minuto}$$

$$Q = 52,8 \frac{m^3}{min} = 0,88 \frac{m^3}{s} = 3170,4 \frac{m^3}{h}$$

El caudal obtenido es el que será utilizado en la fase de pintado ya que es necesario realizar una renovación constante además de la extracción de partículas del ambiente de la cabina por lo cual para la etapa de pintada se necesitará la mitad del valor calculado.

$$Q_{\text{Etapa de pintado}} = 3170,4 \frac{m^3}{h}$$

$$Q_{\text{Etapa de secado}} = 1585,2 \frac{m^3}{h}$$

Para determinar la masa de aire a calentar dentro del calentador y que abastezca a la cámara express se deben de relacionar la densidad del aire a la temperatura de película T_f en la Ec. 8.

$$\delta = \frac{m}{v} \quad (8)$$

$$m = \delta * v$$

$$m = 1,136 \frac{Kg}{m^3} * 35,2m^3$$

$$\mathbf{m = 40,1Kg}$$

Este valor de masa de aire es el que debe de calentar para poder satisfacer la demanda del volumen con renovaciones continuas de aire.

3.14.1. Potencia requerida del calentador

Se puede encontrar la potencia que necesita el quemador al aplicar la primera ley de la termodinámica Ec. 9, es decir, que la velocidad de transferencia de calor de un fluido caliente sea igual a la transferencia de calor del fluido frío, para esto realizamos un balance energético donde:

$$\dot{Q}_h = \dot{Q}_c \quad (9)$$

Donde:

\dot{Q}_h = transferencia de calor del fluido caliente

\dot{Q}_c = transferencia de calor del fluido frío

Los datos necesarios para encontrar el calor requerido son los siguientes:

- $Q_{Etapa\ de\ pintado} = 3170,4 \frac{m^3}{h}$
- $Q_{Etapa\ de\ secado} = 1585,2 \frac{m^3}{h}$
- $\delta = 1,136 \frac{Kg}{m^3}$
- $Cp = 1007 \frac{J}{Kg \cdot K}$

El flujo másico para la etapa de secado se dispone con la Ec. 10 del libro de Termodinámica capítulo 4 de Cengel Y.

$$\dot{m} = Q_{Etapa\ de\ secado} * \delta \quad (10)$$

$$\dot{m} = 1585,2 \frac{m^3}{h} * 1,136 \frac{Kg}{m^3}$$

$$\dot{m} = 1800,87 \frac{Kg}{h} = 0,5 \frac{Kg}{s}$$

Una vez encontrado el gasto másico para la etapa de secado se procede a aplicar la fórmula de la razón de flujo de transferencia de calor Ec. 11, tomada del capítulo 11 del libro de Cengel Y. pág. 640

$$\dot{Q} = \dot{m} * Cp * \Delta T \quad (11)$$

$$\dot{Q} = 0,5 \frac{Kg}{s} * 1007 \frac{J}{Kg * K} * (333 - 288)^{\circ}K$$

$$\dot{Q} = 22657,5 \frac{J}{s}$$

$$\frac{J}{s} = W$$

$$\dot{Q} = 22657,5 W = 22,76KW$$

La selección correcta del calentador está dada por la suma de cada uno de las transferencias de calor presentes en el sistema Ec.12, las cuales son las presentes en paredes térmicas techo y piso.

$$\dot{Q}T = \dot{Q} + Q_{pared} + Q_{piso} + Q_{techo} \quad (12)$$

3.14.2. Análisis y selección del aislante térmico de las paredes

Las paredes de esta cámara es uno de los componentes principales en la conservación del flujo de calor dentro de la misma como se observa en la figura 3.31, por lo que en las tablas anteriores se dispuso de varios materiales que son normalmente utilizados en el aislamiento de cuartos acústicos y térmicos, en el análisis de alternativas se ha determinado el material de lana de debido a que es un producto versátil, fácil de conseguir y con un costo relativamente bajo en referencia a los demás productos establecidos en comparación de la tabla 3.9.

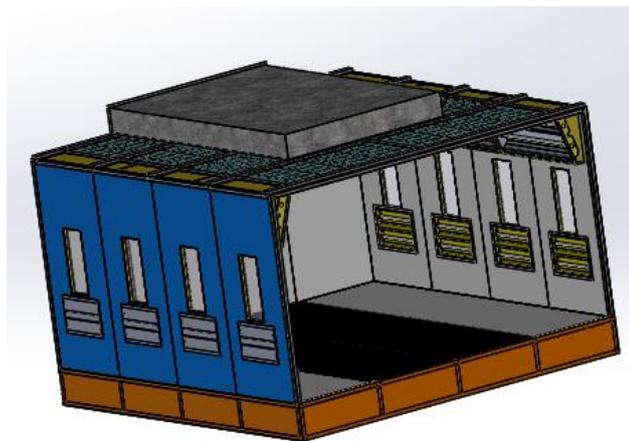


Figura 3.31: Ensamble de paredes térmicas en modelado del programa.

Fuente: [El Autor]

las paredes, este tipo de análisis es necesario en el diseño de calentadores, cuartos de refrigeración, hornos, habitaciones, etc.

Todo lo que este dispuesto a una diferencia de temperaturas o conservación del ambiente térmico esta sustentado a una red en serie o paralelo de la composición de paneles de aislamiento térmicos todo esto puede ser analizado en sistemas donde no haya una variación exponencial de temperatura es decir que no exista una generación de calor de manera química o calentamiento por resistencia, estas ecuaciones son tomadas del capítulo 6 del libro de transferencia de calor y mas de Cengel Y. pág 345.

$$\dot{Q} = \frac{T_{\infty 1} - T_{\infty 2}}{R_{\text{total}}} \quad (3-21)$$

donde R_{total} es la *resistencia térmica total*, expresada como

$$\begin{aligned} R_{\text{total}} &= R_{\text{conv},1} + R_{\text{pared},1} + R_{\text{pared},2} + R_{\text{conv},2} \\ &= \frac{1}{h_1 A} + \frac{L_1}{k_1 A} + \frac{L_2}{k_2 A} + \frac{1}{h_2 A} \end{aligned} \quad (3-22)$$

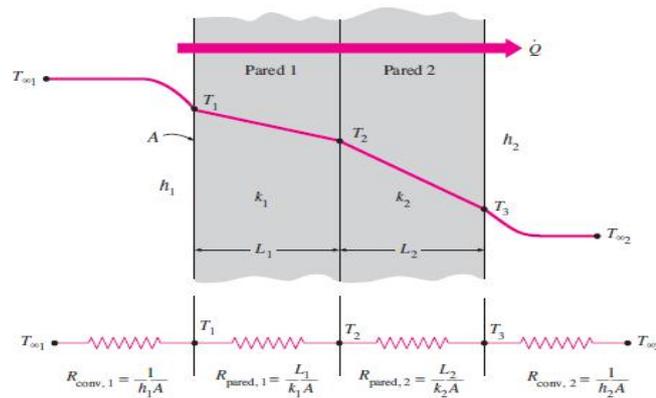


Figura 3.33: Red de resistencias térmicas para la transferencia de calor de una pared plana de dos capas sujeta a convección sobre ambos lados [10].

En el caso de análisis del proyecto se tiene la siguiente composición en la pared compuesta como se observa en la figura 3.34.

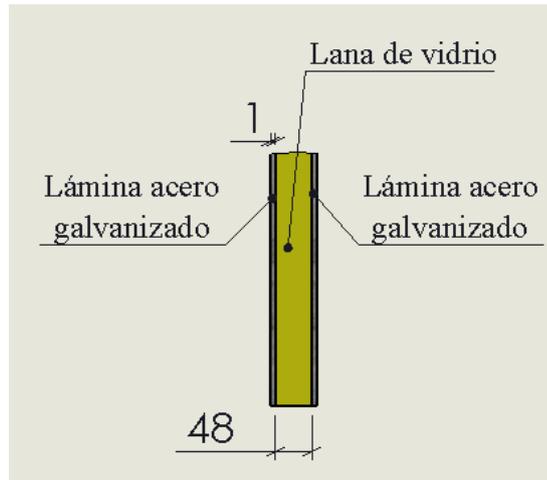


Figura 3. 34: Composición de pared térmica de recubrimiento.

Fuente: [El Autor]

Las paredes que se disponen en el perímetro de la cámara de pintura se segmentan en cuatro tipos presentadas en la figura 3.35.

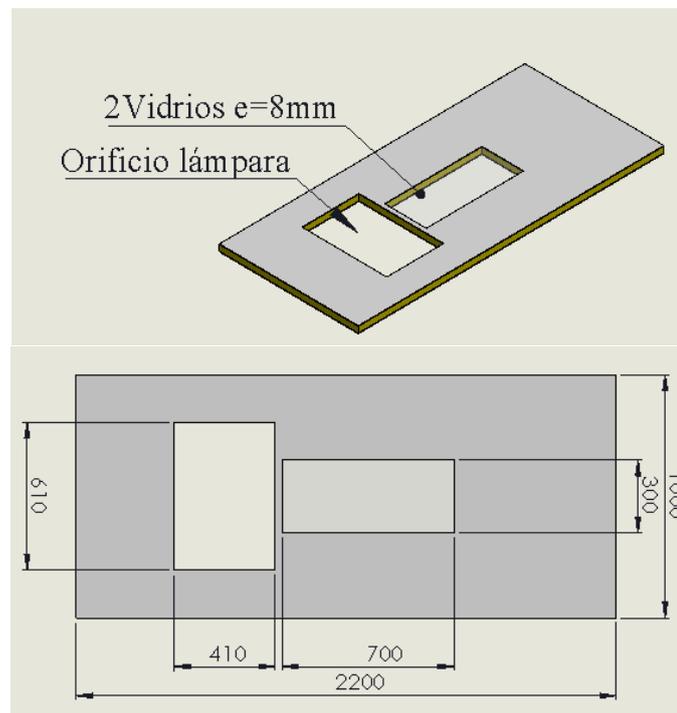


Figura 3.35: Medidas y diseño de paredes laterales.

Fuente: [El Autor]

Este tipo de paredes que se las puede apreciar en la figura 3.36, tienen componentes como vidrio templado además de un orificio para la iluminación el cual está diseñado a las medidas existentes de lámparas térmicas T12 led lo cual afectará a el área efectiva de transferencia de calor por lo cual se analizará como tal la pared y el orificio para los vidrios lo cual sería una de las partes más susceptibles a pérdidas térmicas.

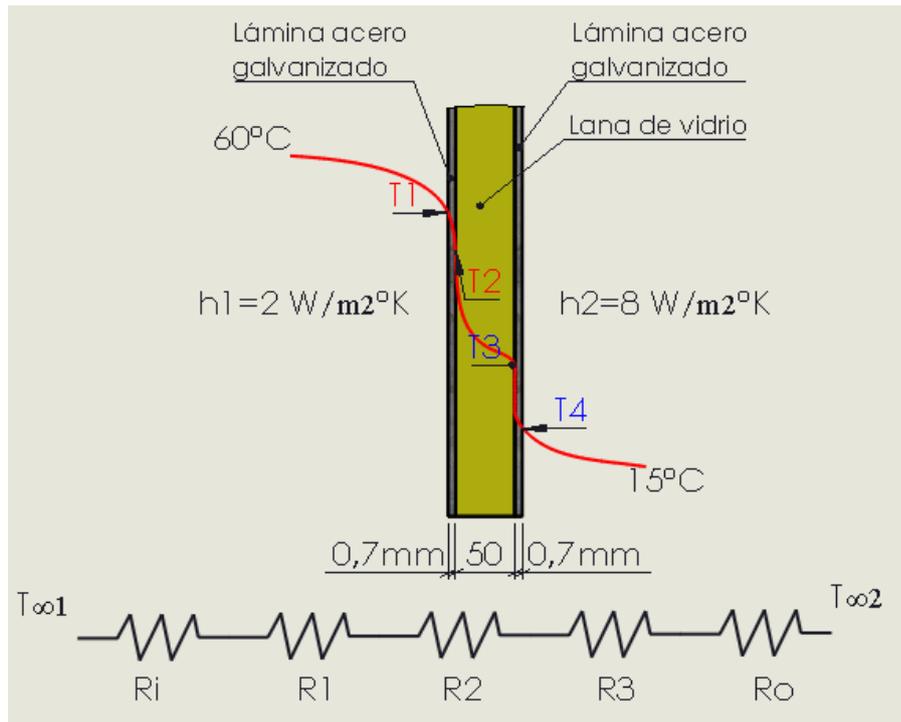


Figura 3.36: Red de resistencias térmicas de pared lateral.

Fuente: [El Autor]

3.14.4. Determinación del área efectiva de transferencia de calor de paredes laterales

Las áreas que se tiene en las láminas de acero galvanizado y la lana de vidrio son las mismas ya que su configuración geométrica que es exactamente igual para proporcionar un acoplamiento óptimo y se obtiene el área total a través de la Ec. 13.

$$A_{Total} = A_{Marco} - A_{Vidrio} - A_{lámpara} \quad (13)$$

$$A_{Total} = (1 \times 2,2)m^2 - (0,3 \times 0,7)m^2 - (0,41 \times 0,61)m^2$$

$$A_{Total} = 1,74m^2$$

Los datos obtenidos para los coeficientes de transferencia de calor por convección se los obtuvo a través de la tabla 3.31, tomando a consideración el rango dispuesto en la misma además de investigaciones de estudios realizados para este tipo de temas se determinó los siguientes que para el interior de la cámara se tiene $h_1 = 2(W/m^2.K)$ y para la temperatura exterior de ambiente tenemos $h_2 = 8(W/m^2.K)$.

Tabla 3.31: Valores típicos del coeficiente de transferencia de calor por convección.

Medio	Coefficiente de transferencia de calor h (W/m ² . K)
Aire (convección natural)	5-25
Aire/vapor supercalentado (convección forzada)	20-300
Petróleo (convección forzada)	60-1800
Agua (convección forzada)	300-6000
Agua (en ebullición)	3000-60.000
Vapor (en condensación)	6000-120.000

Fuente: [<http://help.solidworks.com>]

3.14.5. Cálculo de resistencias térmica de paredes laterales

Las propiedades relevantes para el cálculo térmico de los componentes de la pared se presentan en la tabla 3.32.

Tabla 3.32: Propiedades para cálculo de resistencias térmicas.

Propiedades de los materiales		
Material pared	Espesor [mm]	Conductividad térmica k [W/m°K]
Acero galvanizado	0,7	16,43
Lana de vidrio(densidad 25 Kg/m ³)	50	0,036

Fuente: [El Autor]

Las resistencias de la pared lateral se plantean de la forma presentada en la figura 3.36, utilizando las Ec. 14 y 15 del capítulo 3 del libro de Cengel Y. transferencia de calor y masa pág. 143

- ***Ri (convección)***

$$Ri = R_{conv1} = \frac{1}{h1 * A_{total}}$$

$$R_{conv1} = \frac{1}{2 \frac{W}{m^2 K} * 1,74m^2} \quad (14)$$

$$R_{conv1} = 0,294^\circ K/W$$

- ***R1 (conducción)***

$$R1 = R3 = R_{acero galv} = \frac{L1}{k1 * A_{total}} \quad (15)$$

$$R_{acero galv} = \frac{0,0007m}{16,43 \frac{W}{m K} * 1,74m^2}$$

$$R_{acero galv} = 0,000024^\circ \frac{K}{W}$$

- ***R2 (conducción)***

$$R2 = R_{Lana} = \frac{L2}{k2 * A_{total}}$$

$$R_{Lana} = \frac{0,05m}{0,036 \frac{W}{m K} * 1,74m^2}$$

$$R_{Lana} = 0,81^\circ K/W$$

- ***Ro (convección)***

$$Ro = R_{conv2} = \frac{1}{h2 * A_{total}}$$

$$R_{conv2} = \frac{1}{8 \frac{W}{m^2 K} * 1,74m^2}$$

$$R_{conv2} = 0,072^{\circ}K/W$$

Como las cuatro resistencias están en serie la resistencia total se presenta en Ec.16.

$$R_{Total} = R_{conv1} + R_{acero\ galv1} + R_{Lana} + R_{acero\ galv3} + R_{conv2} \quad (16)$$

$$R_{Total} = (0,294 + 0,000024 + 0,81 + 0,000024 + 0,072)^{\circ}K/W$$

$$R_{Total} = 1,824^{\circ}K/W$$

Por lo tanto la razón de transferencia de calor a través de la pared esta expresada por Ec.17 tomada del capítulo 3 del libro de Cengel Y. transferencia de calor y masa pág. 143.

$$\dot{Q} = \frac{T_{\infty 1} - T_{\infty 2}}{R_{Total}} \quad (17)$$

$$\dot{Q} = \frac{(333 - 288)^{\circ}K}{1,824^{\circ}K/W}$$

$$\dot{Q} = Q_{pared\ lateral} = 24,67w$$

$$Q_{pared\ lateral} = 24,67w$$

Para determinar la temperatura en la pared interior de la cámara se aplica la Ec.18 extraída de capítulo 3 del libro de Cengel Y. transferencia de calor y masa pág. 145.

$$T1 = T_{\infty 1} - (\dot{Q} * R_{conv1}) \quad (18)$$

$$T1 = 333^{\circ}K - (24,67W * 0,294^{\circ}K/W)$$

$$T1 = 325,74^{\circ}K = 52,74^{\circ}C$$

Para comprobar y equiparar los resultados se dispuso de una simulación de la pared lateral que se muestra en la figura 3.37.

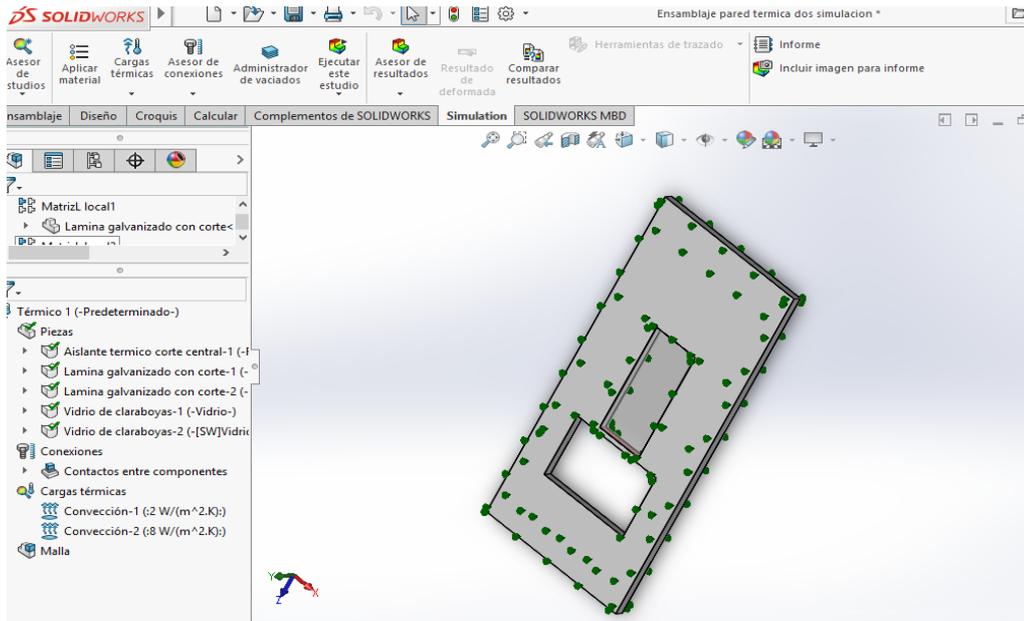


Figura 3.37: Simulación de transferencia de calor en estado estacionario de pared lateral.

Fuente: [El Autor]

Para esta simulación se ingresan los mismos valores de las constantes de conducción térmica de cada material además de las temperaturas a las cuales va a estar sometida la pared como se observa en la figura 3.38.

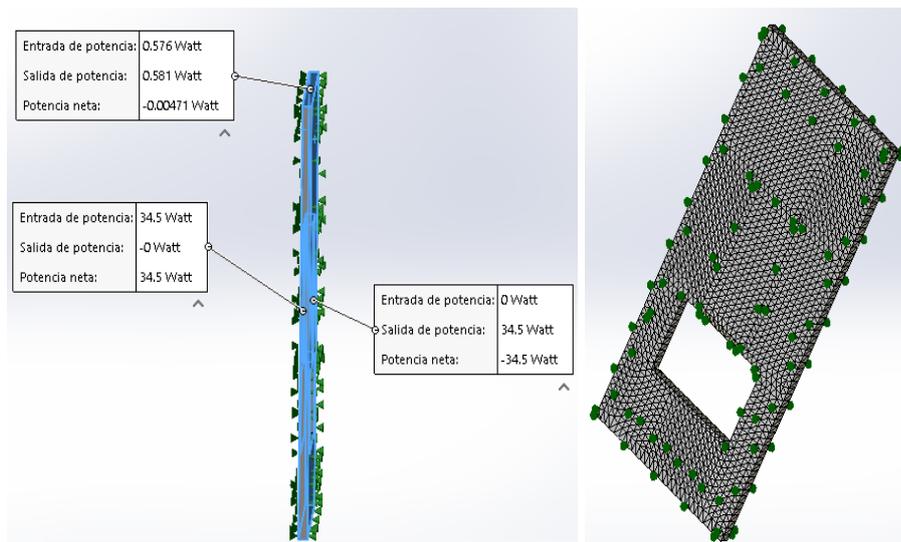


Figura 3.38: Simulación de transferencia de calor en estado estacionario de pared lateral.

Fuente: [El Autor]

La razón de transferencia de calor está estimada en 34,5W esto se da porque en el análisis presente en la figura 3.39, está incluido el ensamble de las ventanas, es decir, que el vidrio también está dispuesto por lo que si se suman los valores calculados manualmente daría una razón calculada de 30W la que es menor a la simulada, tomando en cuenta que existen varios factores de parametrizado que hacen que los valores varíen tenemos un error del 10,35% lo que quiere decir que no afectaría de manera sobresaliente en la selección del quemador.

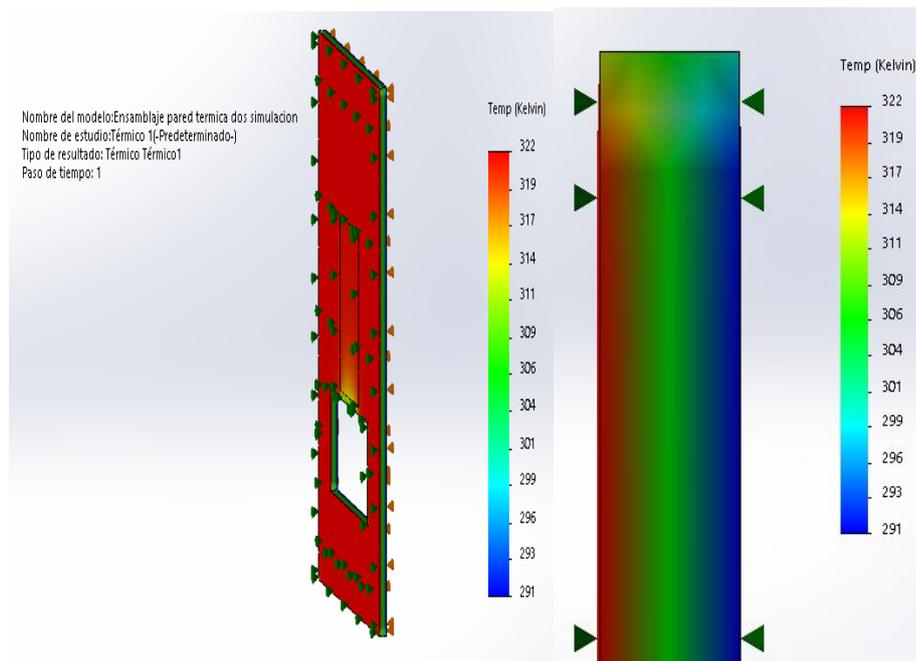


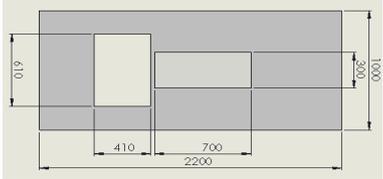
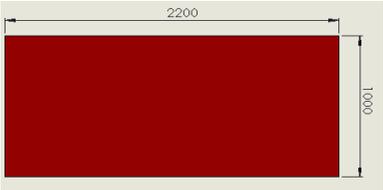
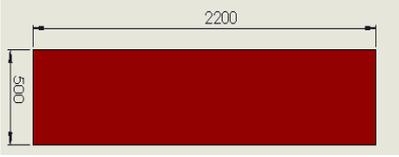
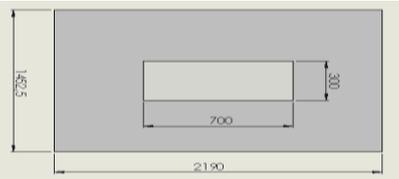
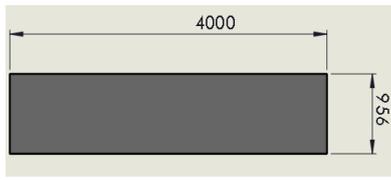
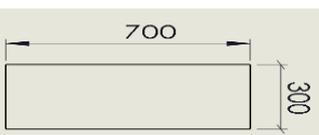
Figura 3.39: Gradiente de temperatura en pared lateral.

Fuente: [El Autor]

La temperatura máxima simulada en la superficie de acero galvanizado es de 322°K que estimado al cálculo realizado anterior existe una diferencia mínima ya que este valor es de 325,74°K con un margen de error de 1,14%, esta simulación también se realizó a los demás elementos de aislamiento térmico en donde se encontró mucha similitud en sus valores, esto hace que se valide este análisis.

El cálculo anterior se debe de realizar para las paredes posteriores, puertas y ventanas de las paredes los mismos que se resumen en la tabla 3.33.

Tabla 3.33: Razón de transferencia de calor de cada panel térmico.

Cálculo de la razón de transferencia de calor					
Descripción	Número de elementos	Área total (m ²)	Resistencia total (°K/W)	Q pared (W)	Q total (W)
<p>Pared lateral</p> 	8	1,74	1,824	24,67	197,36
<p>Pared Posterior</p> 	4	2,2	0,914	49,23	196,92
<p>Paredes frontales</p> 	2	1,1	0,457	98,47	197,1
<p>Puerta</p> 	2	2,97	0,683	65,89	131,78
<p>Piso y techo</p> 	4	3,824	0,523	86,04	344,17
<p>Ventanas</p> 	10	0,21	9,874	4,6	46

Fuente: [El Autor]

Cada uno de los elementos presentados en la tabla 3.33, tiene la misma composición por lo cual lo que varía es el área y las resistencias térmicas, excepto las ventanas de puertas y paredes las cuales tienen como aislante térmico el aire y se expresa la razón de transferencia total con la Ec. 19.

$$\dot{Q}T = \dot{Q} + (Q_{paredes} + Q_{piso} + Q_{techo} + Q_{puertas} + Q_{ventanas}) \quad (19)$$

$$\dot{Q}T = [22657,5 + (1113.3)]W$$

$$\dot{Q}T = 23770,83W = 23,77KW$$

3.15. Selección del quemador

Una vez calculada la potencia requerida del quemador se procede a investigar el tipo de quemador y combustibles que puede ser usados en los mismo, además, de la disponibilidad en el mercado con una potencia estandarizada de 25KW lo cual nos deja como selección el quemador presentado en la tabla 3.34.

Tabla 3.34: Características principales del quemador serie 3R Lamborghini.

Características principales del quemador				
Serie	Potencia (KW)	Combustible	Voltaje (v)	Frecuencia (Hz)
ECO 3R 	Min 14,2 Max 35,6	Gasóleo	220	60

Fuente: [El Autor]

En este caso se determinó que para el requerimiento térmico de la cámara de secado un quemador con un rango de potencia de 14,2 a 35,6 KW lo cual cubre con la demanda de 25 KW además del combustible diésel tomando en cuenta su conexión eléctrica con la disponibilidad de la empresa, las características técnicas del quemador se encuentran en el Anexo K.

3.16. Selección de intercambiador de calor

La selección del intercambiador de calor se lo realiza basado en que el fluido utilizado será aire como los dos fluidos dentro del intercambiador, además por la temperatura a las cuales estará sometido debe de ser de acero inoxidable pero por costos debe de ser de acero negro de un mayor espesor.

3.16.1. Intercambiadores de tubos y coraza de contraflujo.

La primera consideración que debe de tomarse en cuenta es que este intercambiador de calor será de flujo cruzado o contraflujo como se muestra en la figura 3.40, tomada del capítulo 11 del libro de Cengel Y. Transferencia de calor y masa pág. 641, es decir que los fluidos entran por los lados opuestos del intercambiador, en el caso de los intercambiadores de tubos concéntricos por lo general el fluido de mayor temperatura fluye por la menor área, mientras que el frío transita por la zona anular o de mayor área.

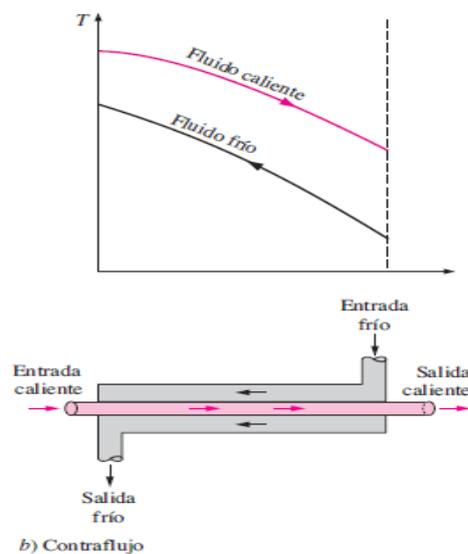


Figura 3.40: Perfiles de temperaturas asociados a un intercambiador de calor a contraflujo [10].

Una de las variantes de este tipo de intercambiadores es el de tubos y coraza que son de los más comunes en aplicaciones industriales, su característica principal es la capacidad de tener un conjunto de tubos dentro de la coraza los cuales permiten que la capacidad sea mayor o menor según la demanda de transferencia de calor,

además existen dentro de estos deflectores que su función principal es la de redirigir y formar un paso turbulento dentro de la coraza de transferencia.

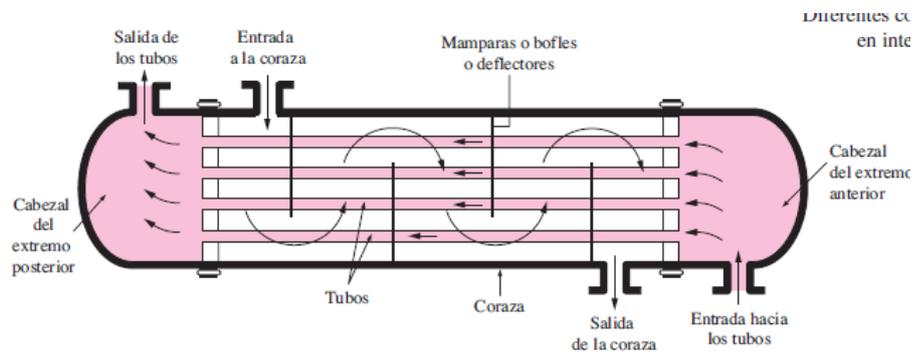


Figura 3.41: Intercambiador de calor de tubos y coraza de corrientes mezcladas[10].

Para determinar la capacidad del intercambiador de calor debemos de realizar el cálculo a través de un método conocido como el método de la media logarítmica de temperatura.

3.16.2. Método de las diferencia media logarítmica de temperatura.

Este método de la diferencia media logarítmica sirve para describir la razón de transferencia de calor de un intercambiador como una magnitud infinita ya que la expresión $Q = mCp\Delta t$ es una magnitud finita, esto quiere decir que los fenómenos que suceden dentro del intercambiador como son la ebullición y condensación no están contemplados con la ecuación anterior, estas propiedades se las considera como infinitas y se las incluye en la Ecs. 20 y 21, tomadas del capítulo 11 del libro de Cengel Y. Transferencia de calor y masa pág. 644.

$$Q = F * A_s * \Delta T_{ml} \quad (20)$$

Donde:

- $U =$ Coeficiente total de transferencia de calor
- $A_s =$ Área de transferencia de calor
- $\Delta T_{ml} =$ Diferencia media logarítmica

La diferencia media logarítmica de temperatura se expresa con Ec.21 y se presentan los términos ΔT_1 y ΔT_2 en la figura 3.42.

$$\Delta T_{ml} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln(\Delta T_1 / \Delta T_2)} \quad (21)$$

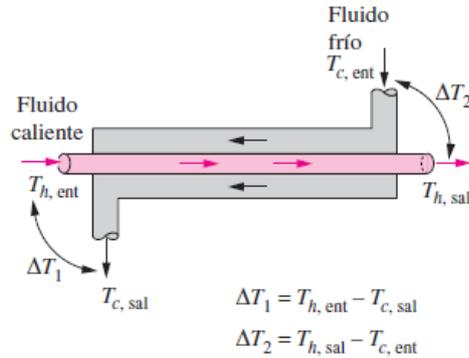
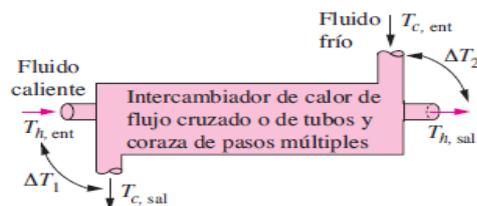


Figura 3.42: Definición de los términos ΔT_1 y ΔT_2 para un intercambiador a contraflujo [10].

Una vez definida la diferencia media logarítmica de temperatura para y hacer uso de la expresión para encontrar la razón de intercambio de calor en un intercambiador de calor a contraflujo de múltiples pasos, en donde es necesario de involucrar un factor de corrección que toma en consideración la geometría del intercambiador además de las temperaturas de entrada y salida de los dos fluidos como se observa en la figura 3.43.



Razón de la transferencia de calor:

$$\dot{Q} = UA_s F \Delta T_{ml, CF}$$

donde
$$\Delta T_{ml, CF} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln(\Delta T_1 / \Delta T_2)}$$

$$\Delta T_1 = T_{h, ent} - T_{c, sal}$$

$$\Delta T_2 = T_{h, sal} - T_{c, ent}$$

y $F = \dots$ (figura 11-18)

Figura 3.43: Determinación de la razón de transferencia de calor en intercambiadores de flujo cruzado de tubos y coraza de pasos múltiples [10].

El factor de corrección según la bibliografía se lo escoge de la figura numerada del capítulo en estudio la que se especifica en el Anexo M, este tipo de cálculo sirve para determinar lo siguiente:

- Calcular la superficie de transferencia de calor A_s .
- Seleccionar u obtener el coeficiente total de transferencia de calor U .
- Calcular la diferencia media logarítmica de temperatura ΔT_{ml} y el factor de corrección F de ser necesario.
- Determinar cualquiera de las temperaturas de entrada o salida de los fluidos caliente y frío.
- Seleccionar el tipo de intercambiador más apropiado para la aplicación.

Para la resolución de la aplicación del proyecto y seleccionar de manera apropiada el intercambiador se presenta en la figura 3.44 un esquema simplificado de los datos que son conocidos.

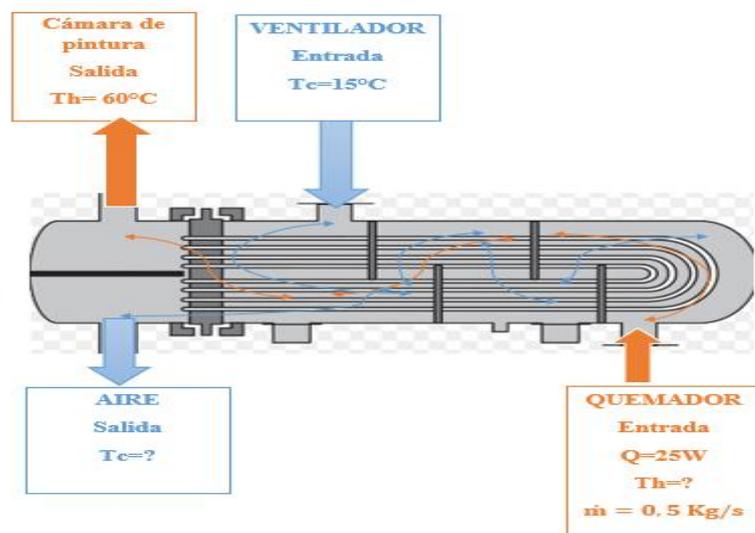


Figura 3.44: Consideraciones de funcionamiento intercambiadores de flujo cruzado de tubos y coraza de pasos múltiples para cámara de pintura express.

Fuente: [El Autor]

Para comenzar con el cálculo de la selección del intercambiador un balance de energía en donde se considera que la razón de transferencia de calor desde el fluido caliente al frío será igual a la Ec. 22 y describe a los términos componentes

de la misma con las Ecs. 23 y 24 tomadas del capítulo 11 del libro de Cengel Y. Transferencia de calor y masa pág. 640.

$$\dot{Q}_h = \dot{Q}_c = \dot{Q} \quad (22)$$

$$\dot{Q}_h = \dot{m}_h * C_{ph} * (T_{h_{entrada}} - T_{h_{salida}}) \quad (23)$$

$$\dot{Q}_c = \dot{m}_c * C_{pc} * (T_{c_{salida}} - T_{c_{entrada}}) \quad (24)$$

Donde:

- \dot{Q}_h = Razón de transferencia de calor del fluido caliente.
- \dot{Q}_c = Razón de transferencia de calor del fluido Frío.
- \dot{m}_h, \dot{m}_c = Gastos de masa de cada fluido.
- C_{ph}, C_{pc} = Calores específicos de cada fluido.
- $T_{h_{entrada}}, T_{c_{entrada}}$ = Temperaturas de entrada.
- $T_{h_{salida}}, T_{c_{salida}}$ = Temperaturas de salida.

Anteriormente en el la selección del quemador encontramos la razón de transferencia de calor que entrega esta maquinaria, la misma que da el resultado de 23,77 KW la cual se estandarizó para establecer la selección por catálogo de 25 KW , además, de un gasto másico de 0,5 Kg/s.

$$\dot{Q}_h = \dot{Q}_c = \dot{Q} = 25KW$$

Para realizar el cálculo de la razón se debe tener las propiedades del aire a las temperaturas de 15 y 60 °C que se muestran en la tabla 3.35.

Tabla 3.35: Propiedades del aire seco a temperatura de 15 y 60 °C a presión atmosférica.

Temp	Densidad	Calor específico	Conductividad térmica	Difusividad térmica	Viscosidad dinámica	Viscosidad cinemática	Número de Prant
°C	$\rho, \text{Kg}/\text{m}^3$	$C_p, \text{J}/\text{Kg} * \text{K}$	$k, \text{W}/\text{m} * \text{K}$	$\alpha, \text{m}^2/\text{s}^2$	$\mu, \text{Kg}/\text{m} * \text{s}$	$\nu, \text{m}^2/\text{s}$	Pr
15	1.225	1007	0.02476	2.009x10-05	1.802x10-05	1.470x10-05	0.7323
60	1.059	1007	0.02808	2.632x10-05	2.008x10-05	1.896x10-05	0.7202

Fuente: [10]

- $Th_{salida} = 60^{\circ}C = 333^{\circ}K$
- $Tc_{entrada} = 15^{\circ}C = 288^{\circ}K$

$$\dot{Q}h = \dot{m}h * Cph * (Th_{entrada} - Th_{salida})$$

$$\dot{Q}h = 0,5Kg/s * 1007 J/Kg * K * (Th_{entrada} - 333^{\circ}K)$$

$$25000 J/s = 0,5Kg/s * 1007 J/Kg * K * (Th_{entrada} - 333^{\circ}K)$$

$$Th_{entrada} = \frac{25000 J/s}{0,5Kg/s * 1007 J/Kg * K} + 333^{\circ}K$$

$$Th_{entrada} = 382,72^{\circ}K = 109,65^{\circ}C$$

La temperatura calculada se puede referir a la temperatura al final del ducto de entrada que viene desde el quemador una vez impulsado por el mismo.

Para determinar la temperatura de salida del aire de enfriamiento se necesita encontrar el gasto másico de la entrada de aire frío con la Ec. 25, en este caso para insuflar aire al interior del intercambiador se utiliza el caudal de aire para la extracción ya que en esta etapa el ventilador de extracción hará el trabajo del enfriamiento.

$$\dot{m} = Q_{Etapa de extraccion} * \delta \quad (25)$$

$$\dot{m} = 3170,4 \frac{m^3}{h} * 1,225 \frac{Kg}{m^3}$$

$$\dot{m}c = 3806,75 \frac{Kg}{h} = 1,06 \frac{Kg}{s}$$

Una vez encontrado el gasto másico de la etapa de extracción del fluido frío se encuentra la temperatura de salida con la Ec.24 de la razón de transferencia del fluido frío.

$$\dot{Q}c = \dot{m}c * Cpc * (Tc_{salida} - Tc_{entrada})$$

$$\dot{Q}_c = 1,06 \frac{Kg}{s} * 1007 J/Kg * K * (T_{c_{salida}} - 288^{\circ}K)$$

$$T_{c_{salida}} = \frac{25000 J/s}{1,06 \frac{Kg}{s} * 1007 J/Kg * K} + 288^{\circ}K$$

$$T_{c_{salida}} = 311,42^{\circ}K = 38,42^{\circ}C$$

Esta temperatura es la de salida del aire de enfriamiento el cual se ingresara nuevamente al sistema para que este no tenga un choque térmico y sea de tipo cerrado es decir que no existe una chimenea de escape de aire de enfriamiento sino solo de desechos de combustión.

Para encontrar la media logarítmica de temperatura se utilizan las Ecs. 26 y 27 tomadas del capítulo 11 del libro de Cengel Y. Transferencia de calor y masa pág. 643.

$$\Delta T1 = Th_{entrada} - Tc_{salida} \quad (26)$$

$$\Delta T1 = (109,65 - 38,42)^{\circ}C$$

$$\Delta T1 = 71,23^{\circ}C$$

$$\Delta T2 = Th_{salida} - Tc_{entrada} \quad (27)$$

$$\Delta T2 = (60 - 15)^{\circ}C$$

$$\Delta T2 = 45^{\circ}C$$

Una vez obtenidos los valores de cada una de las diferencias medias de temperatura se procede a calcular con Ec. 21.

$$\Delta Tm_{l_{cf}} = \frac{\Delta T1 - \Delta T2}{\ln(\Delta T1/\Delta T2)}$$

$$\Delta Tm_{l_{cf}} = \frac{(71,23 - 45)^{\circ}C}{\ln\left(\frac{71,23}{45}\right)}$$

$$\Delta Tm_{l_{cf}} = 56,1^{\circ}C = 329^{\circ}K$$

Para realizar el cálculo de la razón de transferencia del intercambiador es necesario encontrar el coeficiente total de transferencia de calor U, este valor se lo obtuvo a través de promediar los límites de un rango dado en la tabla 3.36 presentada a continuación.

Tabla 3.36: Valores representativos de los coeficientes globales de transferencia de calor U.

Valores representativos de los coeficientes totales de transferencia de calor en los intercambiadores de calor	
Tipo de intercambiador de calor	U, W/m ² · °C*
Agua hacia agua	850-1700
Agua hacia aceite	100-350
Agua hacia gasolina o queroseno	300-1000
Calentadores de agua de alimentación	1000-8500
Vapor de agua hacia combustible ligero	200-400
Vapor de agua hacia combustible pesado	50-200
Condensador de vapor de agua	1000-6000
Condensador de freón (agua enfriada)	300-1000
Condensador de amoníaco (agua enfriada)	800-1400
Condensadores de alcohol (agua enfriada)	250-700
Gas hacia gas	10-40
Agua hacia aire en tubos con aletas (agua en los tubos)	30-60 [†] 400-850 [†]
Vapor de agua hacia aire en tubos con aletas (vapor de agua en los tubos)	30-300 [†] 400-4000 [‡]

* Multiplíquense los valores de la lista por 0.176 para convertirlos en Btu/h · ft² · °F.
[†] Con base en el área superficial del lado del agua.
[‡] Con base en el área superficial del lado del agua o del vapor de agua.

Fuente: [10]

La siguiente elección del coeficiente global de transferencia de calor para un intercambiador se toma en cuenta que el aire es un gas y que el factor de incrustaciones es mínimo, esta selección da un valor de 25 W/m²°C, ya que se está evitando incurrir en muchos más cálculos de convección forzada para encontrar este dato para el cálculo de la razón total de transferencia presentada en la Ec. 28.

$$\dot{Q} = U * F * A_s * \Delta T m_{cf} \quad (28)$$

Donde:

- \dot{Q} = Razón de transferencia total de calor.
- U = Coeficiente global de transferencia de calor.
- F = Factor de corrección intercambiador

- $\Delta Tm_{cf} = \text{Diferencia media logarítmica de temperatura}$
- $As = \text{Area total de transferencia del intercambiador}$

Para encontrar el factor de corrección para este tipo de intercambiadores de calor que es de una coraza y de pasos por los tubos, se considera que normalmente existe en números pares los pasos por los tubos y se aplican las Ecs. 29 y 30 para acudir a la figura 3.45.

$$P = \frac{t_2 - t_1}{T_1 - t_1} \quad (29)$$

$$P = \frac{38,42 - 15}{109,65 - 15}$$

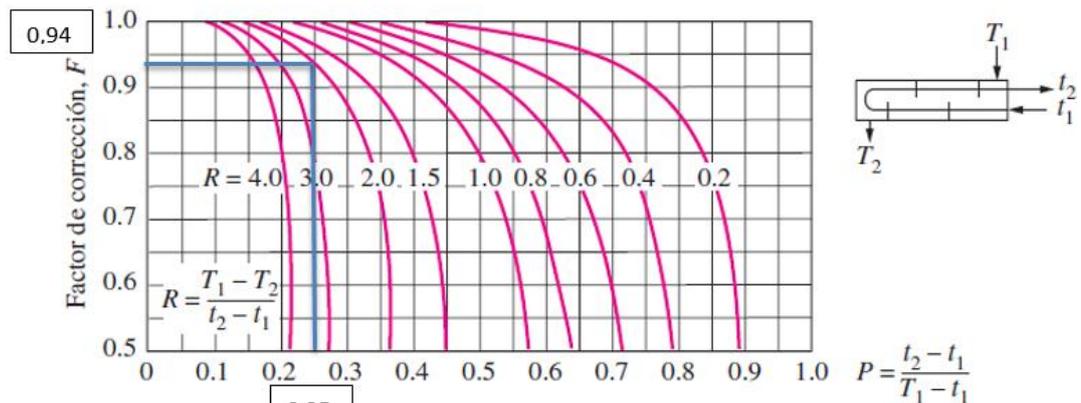
$$P = 0,25$$

$$R = \frac{T_1 - T_2}{t_1 - t_2} \quad (30)$$

$$R = \frac{109,65 - 60}{38,42 - 15}$$

$$R = 2,2 \approx 2$$

Con los siguientes valores procedemos a realizar un cruce del coeficiente P con la curva de R que en este caso escogeremos el valor de 2, lo que se puede observar en la figura 3.45 presentada a continuación.



a) Un paso por la coraza y 2, 4, 6, etc. (cualquier múltiplo de 2) pasos por los tubos

Figura 3.45: Selección del factor de corrección geométrico de intercambiador de calor de un paso por la coraza y cualquier número para por el paso de los tubos [10].

Una vez encontrados los valores de R y F se procede a intersecar la línea y la curva a la que corresponden de tal manera que da un valor de:

$$F = 0,94$$

Con el factor de corrección encontrado se procede a realizar el cálculo del área total de transferencia de calor.

$$\dot{Q} = U * F * A_s * \Delta T m_{l_{cf}}$$

$$25000W = 25 \frac{W}{m^2} \text{ } ^\circ C * 0,94 * A_s * 56,1^\circ C$$

$$A_s = \frac{25000W}{25 \frac{W}{m^2} \text{ } ^\circ C * 0,94 * 56,1^\circ C}$$

$$A_s = 18,96 m^2$$

El área resultante de transferencia de calor presenta el tamaño del intercambiador de calor, el mismo que se mencionó es de un paso por la coraza y números pares de pasos por los tubos.

Conocida el área de transferencia se establece que el intercambiador de calor requerido para este sistema debe de ser de construcción nacional, de acuerdo al área requerida para realizar la transferencia de calor adecuada y así obtener la temperatura deseada en el interior de la cámara.

Como no existen catálogos con especificaciones de selección se procede a realizar un esquema y una simulación que se puede observar en la figura 3.46, para determinar que el tipo de intercambiador que tiene un paso por la coraza y ocho pasos por los tubos es el adecuado para nuestro requerimiento.

Datos de la simulación:

- Temperatura de entrada desde el quemador = 110°C
- Temperatura de entrada de aire enfriamiento = 15°C
- Gasto másico de entrada de aire caliente = 0,5 Kg/s
- Gasto másico de entrada de aire para enfriamiento = 1,06 Kg/s

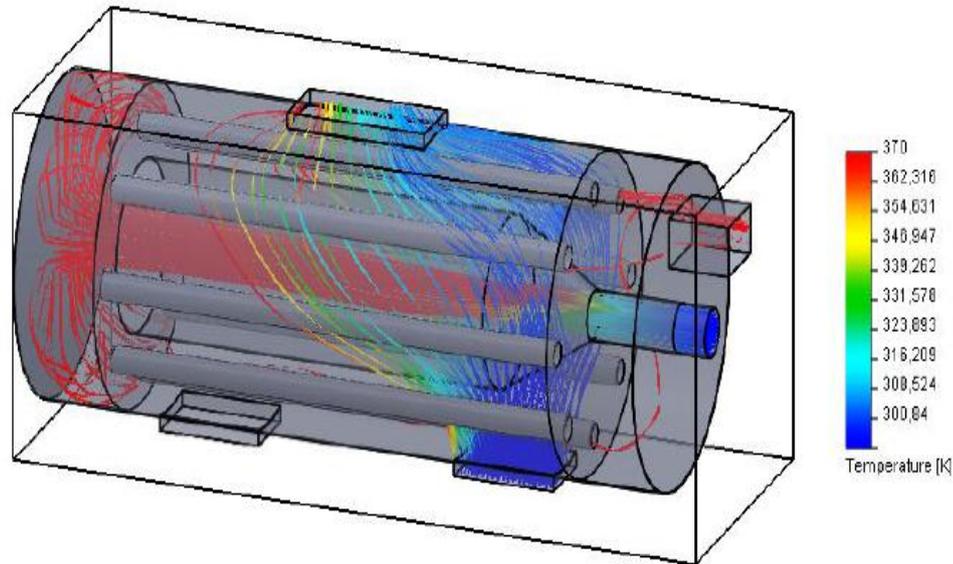


Figura 3.46: Esquema y simulación del intercambiador de calor de un paso por la coraza y ocho por los tubos de construcción nacional.

Fuente: [El Autor]

Los resultados encontrados en la simulación del planteo de un intercambiador de un paso por la coraza y ocho por los tubos da que la temperatura media de salida simulada es de 58°C que en comparación con la calculada por el método de la diferencia logarítmica de temperatura una 56,1 °C, este dato da una referencia de que en la realidad este intercambiador de calor puede realizar el enfriamiento del aire caliente proveniente del quemador de una forma correcta.

3.17. Diseño y selección del sistema de ventilación

El sistema de ventilación y empuje de aire caliente al interior de la cámara de pintura es uno de los más importantes para conseguir el objetivo de reducción de impurezas en la superficie de los paneles pintados, es decir uno de estos sistemas debe de recoger la mayoría de residuos over spray y contaminantes ajenos a la pintura, el sistema es complementario con los accesorios de filtración del aire.

Para el siguiente análisis debemos de tener las siguientes consideraciones:

- Renovaciones de aire 1,5 veces por minuto (Recomendaciones catálogo SOLDECA)
- Volumen de la cámara $35,2 \text{ m}^3$
- $Q_{\text{Etapa de pintado}} = 3170,4 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$ (calculado en el inciso de diseño y análisis térmico).
- $Q_{\text{Etapa de secado}} = 1585,2 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$ (calculado en el inciso de diseño y análisis térmico).

3.17.1. Extracción localizada

El sistema de la cámara de pintura express se acoge a este tipo de extracción la cual tiene situado al ventilador extractor en un cierto lugar del confinado o instalación para impulsar aire del interior hacia el exterior, generalmente este tipo de extracción se encuentra combinada con turbinas de sobre presión es decir para impulsar partículas de polvo o partículas que se encuentran en el aire.

Con los datos que presentados se puede determinar el requerimiento del ventilador extractor a través de las curvas características tomando en cuenta que se utilizará dos extractores ya que este sistema será cerrado con un banco de filtros que ayude en la fase de secado a renovar el aire caliente para que el quemador no tenga un mayor gasto de combustible [13].

3.17.2. Selección de los ventiladores

La gráfica presentada a continuación contiene las curvas características de los ventiladores centrífugos a presión que transportan polvo o partículas, con el caudal de $3170,4 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$, al mismo caudal para ingresarlo en la figura 3.47 y lo estandarizamos como en $3200 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$ que es de la etapa de pintado en donde se extrae el mayor caudal de aire y se renueva de forma continua.

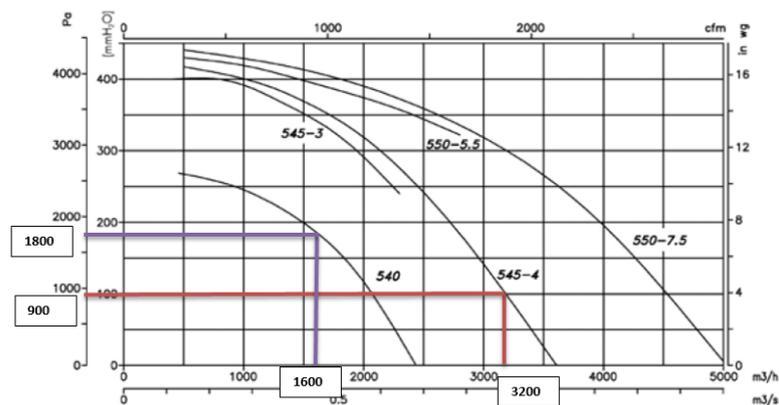


Figura 3.47: Selección del tipo de ventilador centrífugo de presión para la etapa de pintado y secado a través de las curvas características del modelo CAM marca SODECA.

Fuente: [Catálogo ventiladores SODECA, pág. 181]

Los ventiladores seleccionados para las dos etapas son los siguientes:

- Ventilador centrífugo CAM-545-2T-4 (etapa de pintado)
- Ventilador centrífugo CAM-540-2T (etapa de secado)

Las características generales de cada uno de los ventiladores que se muestran como seleccionados se las puede observar en la tabla 3.37 y sus especificaciones de tamaño y funcionamiento se las puede obtener del Anexo N.

Tabla 3.37: Características generales principales del modelo CAM marca SODECA.

Características generales Ventilador centrífugo					
					
Serie	Velocidad RPM	Voltaje conexión	Potencia instalada KW	Caudal máximo m ³ /h	Nivel sonoro dB(A)
CAM-540-2T-4	2900	220	3	3610	88
CAM-540-2T	2770	220	1,5	2430	85

Fuente: [Catálogo ventiladores SODECA, pág. 183]

Los ventiladores seleccionados tienen características de tamaño y de eficiencia máxima que se las puede observar en el Anexo G.

3.17.3. Sistema de ventilación

El sistema de ventilación para el caso de extracción es de tipo localizada en donde se encuentran los ductos del piso y el plenum presentados en la figura 3.48, como parte principal del todo el sistema ya que son los ductos que harán que funcione los ventiladores centrífugos.

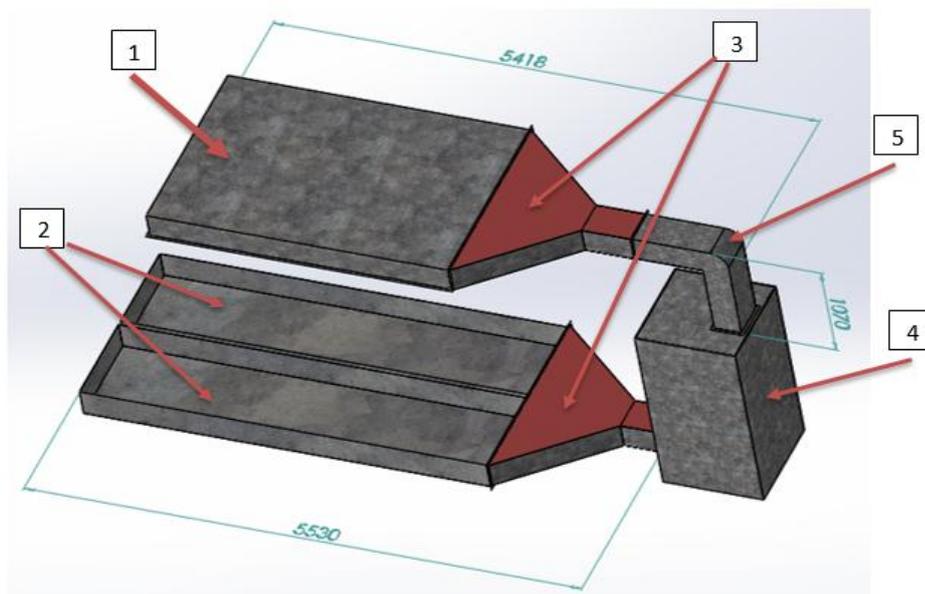


Figura 3.48: Sistema de extracción y empuje de aire.

Fuente: [El Autor]

1. Plenum
2. Ductos de extracción suelo.
3. Tomas de aire de entrada y salida de ventiladores.
4. Maquinaria de extracción y empuje de aire caliente.
5. Ducto superior de entrada.

3.17.3.1. Pérdidas de energía

Las pérdidas son factores que se debe de tomar en cuenta en todo tipo de instalaciones ya que de esto depende el rendimiento y eficiencia del sistema de manera que las siguientes son las más importantes.

Todos estos accesorios y elementos presentados en la figura 3.49 están acompañados de filtros de pintura los cuales nos ayudan a purificar el aire en las dos etapas de funcionamiento, es decir, que se trata de tener un sistema con la menor pérdida de gasto másico de aire, además de asegurar el funcionamiento del mismo.

3.17.3.1.2. Pérdidas por fricción en ductos.

Para obtener las pérdidas en los ductos se debe encontrar el diámetro hidráulico con la Ec.31, la misma que influye en los cálculos y selección a través de tablas del catálogo de ventiladores SODECA, pág. 185, normalmente en las aplicaciones de fluidos que circulan en tuberías se las hace de geometría circular pero por el espacio disponible y las condiciones para el aire en muchas aplicaciones nos tomamos con tuberías cuadradas llamadas ductos.

$$De = \frac{1,3(ab)^{5/8}}{(a+b)^{1/4}} \quad (31)$$

Donde:

- $a, b = \text{lados del rectángulo}$

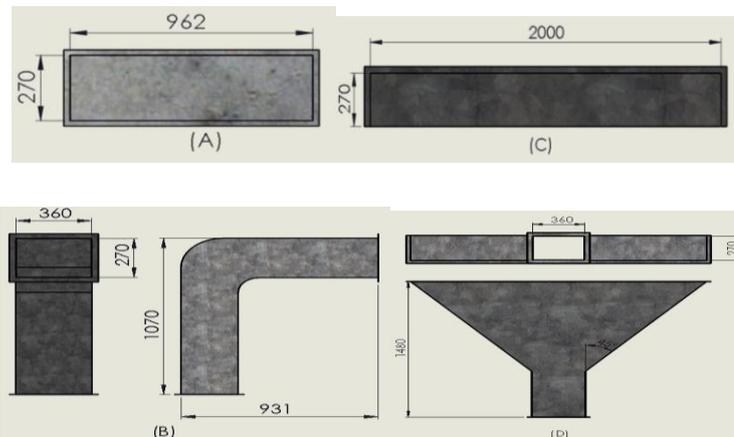


Figura 3.49: Ductos presentes en el sistema de extracción y empuje de aire.

Fuente: [El Autor]

Nota: (A) 2 Ductos de extracción piso longitud 4m, (B) Ducto superior de entrada longitud 1.7m, (C) Plenum entrada de aire superior 3.2m, (D) 2 Campanas de ventilación longitud 1.46m.

- Ductos de extracción piso

$$De = \frac{1,3(270 * 962)^{5/8}}{(270 + 962)^{1/4}}$$

$$De = 531,75mm = 0,531m$$

- Ducto superior de entrada

$$De = \frac{1,3(270 * 356)^{5/8}}{(270 + 356)^{1/4}}$$

$$De = 338,25mm = 0,338m$$

- Plenum entrada de aire superior , Campanas de ventilación

$$De = \frac{1,3(270 * 360)^{5/8}}{(270 + 360)^{1/4}}$$

$$De = 340,62mm = 0,340m$$

Para ingresar en el gráfico se tiene que saber el flujo volumétrico además de las velocidades de captación y descarga del aire en el recinto, la tabla 3.38 dispuesta a continuación recomienda diferentes rangos de velocidades de captura la cual para diferentes aplicaciones de ventilación.

Tabla 3.38: Velocidades de captura recomendadas para diferentes aplicaciones.

Condiciones de dispersión del contaminante	Ejemplo	Velocidad de captura, m/s
Liberado prácticamente sin velocidad en aire tranquilo.	Evaporación desde depósitos; desengrase, etc...	0,25-0,5
Liberado a baja velocidad en aire moderadamente tranquilo	Cabinas de pintura, llenado intermitente de recipientes, transferencia entre cintas transportadoras a baja velocidad, soldadura, recubrimientos superficiales, pasivado	0,05-1
Generación activa en una zona movimiento muy rápido del aire	Cabinas de pintura poco profundas, llenado de barriles, carga de cintas transportadoras, machacadoras	1-2,5
Librado con alta velocidad inicial en una zona de movimiento muy rápido del aire	Desbarbado, chorreado abrasivo, desmoldeo en fundiciones	2,5-10

Fuente: [14]

Para escoger el valor adecuado para la aplicación es de gran importancia establecer los parámetros de la tabla 3.39.

Tabla 3.39: Consideraciones para selección de valores de velocidades de captura recomendadas para diferentes aplicaciones.

Limite inferior	Limite superior
Corrientes de aire en el local mín favorables a la captura del contaminante	Corrientes de aire distorsionantes en el local
Contaminantes de baja toxicidad o únicamente molestos	Contaminantes de alta toxicidad
Producción de contaminantes baja o intermitente	Gran producción, uso continuo
Campana de gran tamaño o con una gran masa de aire en movimiento	Campana pequeña, únicamente control local

Fuente: [14]

Según estas consideraciones se toma una velocidad de 2.5m/s ya que es de uso continuo.

Las siguientes pérdidas dependen de la configuración geométrica del ducto y de la velocidad con la cual el aire se extrae y se insufla dentro del sistema para este caso analiza la velocidad de flujo de aire de 0,88m³/s la que se calculó para la etapa de extracción que es donde se tiene el mayor flujo volumétrico y se ingresa a la tabla 3.50 para determinar las pérdidas ocasionadas en cada sección de ductos.

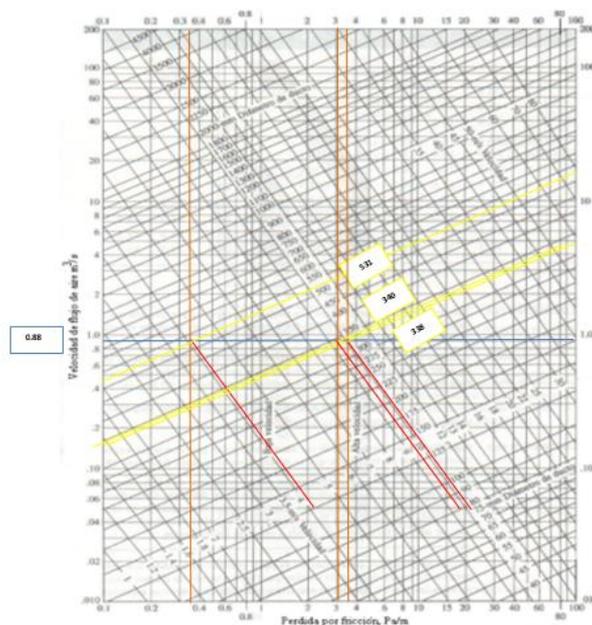


Figura 3.50: Pérdidas por fricción en ductos circulares o cuadrados SI [13].

Las pérdidas por fricción que se determinó se presentan en la tabla 3.40 a continuación.

Tabla 3.40: Resultados obtenido de la Figura 3.44 de pérdidas y velocidades.

Perdidas hl		
Ducto	hl (Pa/m)	Velocidad (m/s)
2 Extracción piso	0,35	4,2
Superior de entrada	3,5	10
Plenum	3	9,5
2 Campanas de ventilación	3	9,5

Fuente: [Autor]

Con estos datos se procede a realizar el cálculo de las pérdidas de presión con la Ec. 32 aplicando para todos los ductos del sistema.

- Ductos de extracción piso

$$HL = hl * Longitud ducto \quad (32)$$

$$HL = \left(\frac{0,35Pa}{m} * 4m \right) * 2$$

$$HL = 2,8 Pa$$

- Ducto superior de entrada

$$HL = hl * Longitud ducto$$

$$HL = \frac{3,5Pa}{m} * 1,7m$$

$$HL = 5,95 Pa$$

- Plenum

$$HL = hl * Longitud ducto$$

$$HL = \frac{3Pa}{m} * 3.2m$$

$$HL = 11,2 Pa$$

- Campanas de ventilación

$$HL = hl * Longitud ducto$$

$$HL = \frac{3Pa}{m} * 1,46m$$

$$HL = 4,38Pa$$

3.17.3.1.3. Pérdidas dinámicas en ductos

Este tipo de pérdidas toma en consideración los accesorios presentes en el sistema además de la configuración geométrica que sirven como acoplamiento a lo largo de todo el sistema.

La pérdida dinámica se la encuentra con la Ec.33 obtenida del capítulo 19 de libro de R. Mott, Mecánica de fluidos, pág. 575.

$$HL = C * (Hv) \tag{33}$$

Donde:

$C =$ Coeficiente de pérdida dinamica

$Hv =$ Carga de la velocidad

La carga de la velocidad o también llamada presión de velocidad se la expresa normalmente en pulgadas de agua pero cuando la velocidad se expresa en m/s se manejan las condiciones del aire de forma estándar como se observa en la Ec.34 obtenida del capítulo 19 de libro de R. Mott, Mecánica de fluidos, pág. 576.

$$Hv = \left(\frac{v}{1.289} \right)^2 Pa \tag{34}$$

Para encontrar el coeficiente de pérdida dinámica se debe de utilizar la figura 3.51 que tiene datos estandarizados y normalizados. De los coeficientes de pérdida dinámicas.

Coeficiente C de pérdida dinámica						
Codos a 90°						
	Liso, redondeado					0.22
	5 piezas, redondeado					0.33
	4 piezas, redondeado					0.37
	3 piezas, redondeado					0.42
	Biselado, redondeado					1.20
	Liso, rectangular					0.18
	Te, rama					1.00
	Te, flujo a través del tramo principal					0.10
	Y simétrica					0.30
Posición del regulador	0°	10°	20°	30°	40°	50°
	(completamente abierto)					
C	0.20	0.52	1.50	4.5	11.0	29
Rejilla de salida: Suponga una caída total de presión a través de la rejilla, de 0.06 pulgH ₂ O (15 Pa).						
Persianas de la entrada: Suponga una caída total de presión a través de las persianas, de 0.07 pulgH ₂ O (17 Pa).						

Figura 3. 51: Coeficiente de pérdida dinámica [13].

Con las velocidades obtenidas de la figura 3.41 y expresadas en la tabla 3.29 se procede a calcular la carga de velocidad, con la Ec. 34 de la siguiente manera.

- Ducto superior de entrada (Codo a 90° liso redondeado)

$$Hv = \left(\frac{10}{1,289} \right)^2 Pa$$

$$Hv = 60,19 Pa$$

$$HL = 0,22 * (60,19) Pa$$

$$HL_{dinámica} = 13,24 Pa$$

- Ductos de extracción piso y pelum (Sencilla pestaña rectangular)

Para determinar el coeficiente de accesorios como campanas y ductos con reducción se utiliza la figura 3.52 del catálogo de ventiladores SODECA, pág. 189.

Coeficientes de pérdida en campanas						
TIPO	APERTURA SENCILLA	SENCILLA PESTAÑA	CONO	ENTRADA REDONDEADA	ORIFIO (RENDIJAS)	DESBARBADO RECTA. ADAPTADOR
PÉRDIDAS	0,93	0,49	-	0,04	-	0,65 0,40

Figura 3.52: Coeficiente de pérdida dinámica [14].

Para este caso de los ductos del piso escogemos el coeficiente de 0,49.

Ductos piso

$$H_v = 2 * \left(\frac{4,2}{1,289} \right)^2 Pa$$

$$H_v = 21,24 Pa$$

$$HL = (0,49 * (10,62) Pa) * 2$$

$$HL_{dinámica} = 10,4 Pa$$

Plenum

$$H_v = \left(\frac{9,5}{1,289} \right)^2 Pa$$

$$H_v = 54,31 Pa$$

$$HL = 0,49 * (54,31) Pa$$

$$HL_{dinámica} = 26,61 Pa$$

- **Campanas de ventilación**

Para el caso de las campanas de entrada y salida se recurre a la figura 3.53 que nos da el coeficiente de pérdida dinámica, en este caso el planteamiento mostrado nos da como PD que quiere decir la carga de la velocidad, por lo tanto.

$$H_v = PD$$

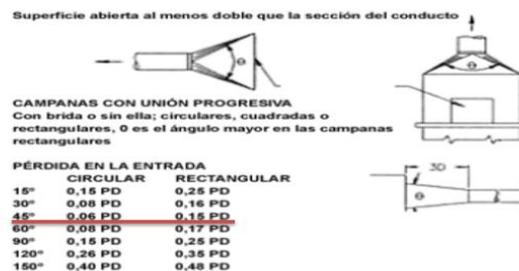


Figura 3.53: Coeficiente de pérdida dinámica en campanas [14].

$$H_v = \left(\frac{9,5}{1,289} \right)^2 Pa$$

$$H_v = 54,31 Pa$$

$$H_v = 108,62 Pa$$

$$HL = (0,15 * (54,31) Pa) * 2$$

$$HL_{dinámica} = 16,29 Pa$$

También se debe de determinar las pérdidas en rejillas y se las toma de la figura 3.52 el valor de caída de presión recomendado que es de 17Pa.

3.17.3.1.4. Pérdidas totales en ductos

Una vez obtenido el valor de cada una de las pérdidas se suman todas con la Ec. 35 y obtenemos la caída total de presión en el sistema de ductos, que se presenta en la tabla 3.41 a continuación.

Tabla 3.41: Pérdidas totales en ductos.

Pérdidas HL					
Ducto	HI (Pa/m)	Velocidad (m/s)	HL Por fricción (Pa)	HL dinámicas (Pa)	Hv Velocidad (Pa)
2 Extracción piso	0,35	4,2	2,8	10,4	21,24
Superior de entrada	3,5	10	5,8	13,24	60,19
Plenum	3	9,5	11,2	26,61	54,31
2 Campanas de ventilación	3	9,5	4,38	16,29	108,62
Rejillas piso			-	17	-
		Total	24,18	83,54	244,36

Fuente: [El Autor]

Para tener una mayor confiabilidad en el sistema se recomienda un 10% de sumarlos a las pérdidas esto como recomendación de libro de R.Mott en el tema de diseño de ductos pág. 580.

$$HL_{TOTAL} = (HL_{Fricción} + HL_{Dinámicas} + H_{v_{Velocidad}}) \quad (35)$$

$$HL_{TOTAL} = (24,18 + 83,54 + 244,36)Pa$$

$$HL_{TOTAL} = 352,08Pa = 1,41Plg H2O$$

3.17.3.1.5. Trayectorias de flujo de aire en la cámara

Se realizó una simplificación del modelo de la cámara como se muestra en la figura 3.54, para que el tiempo de simulación computacional no sea tan demorado, a partir de esto tenemos alrededor de 60 minutos de simulación por cada caso.

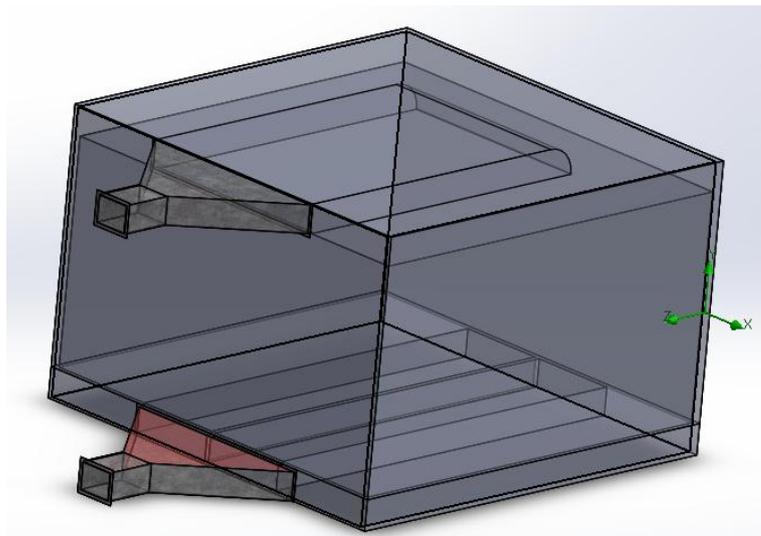


Figura 3.54: Modelo simplificado de cámara express de pintura.

Fuente: [El Autor]

Para esta etapa se realizó una simulación en donde se utilizó los datos de pérdidas en ductos como referencia además de las presiones de funcionamiento de los ventiladores seleccionados en el inciso anterior, para este caso el gasto másico del aire es de $1,06 \text{ m}^3/\text{s}$ y una temperatura de entra de $15 \text{ }^\circ\text{C}$, en este caso la velocidad

máxima de 3,49 m/s dentro de la cámara lo cual es una medida estable para eliminar las nubes over spray de la pintura como se observa en la figura 3.55.

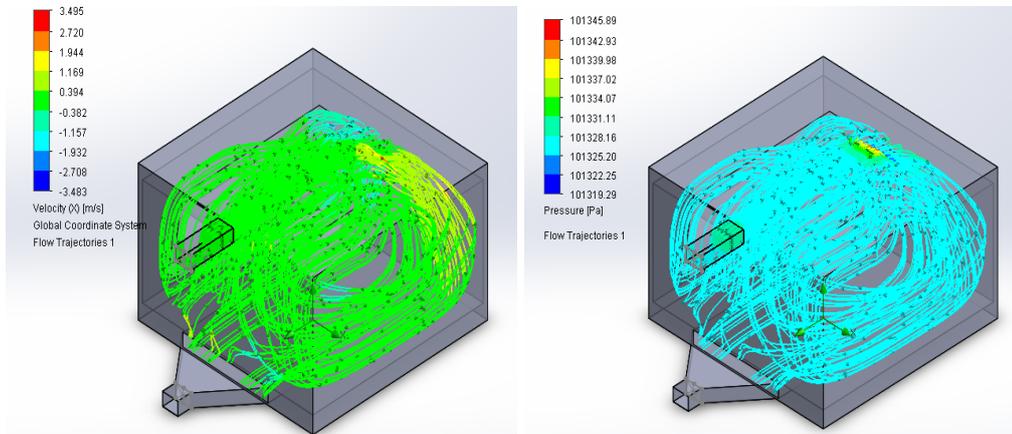


Figura 3.55: Trayectorias de flujo dentro de la cámara etapa de pintado.

Fuente: [El Autor]

En el análisis de la etapa de secado se tiene las condiciones de un gasto másico de $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ además de la temperatura de $60 \text{ }^\circ\text{C}$ a la entrada del plenum, en esta etapa se alcanza a tener una temperatura uniforme en alrededor de 12,4 minutos en toda la cámara y la temperatura más baja es de $59,45^\circ\text{C}$ y la velocidad del aire dentro de la cámara es de $1,934 \text{ m/s}$ como se puede apreciar en la figura 3.56.

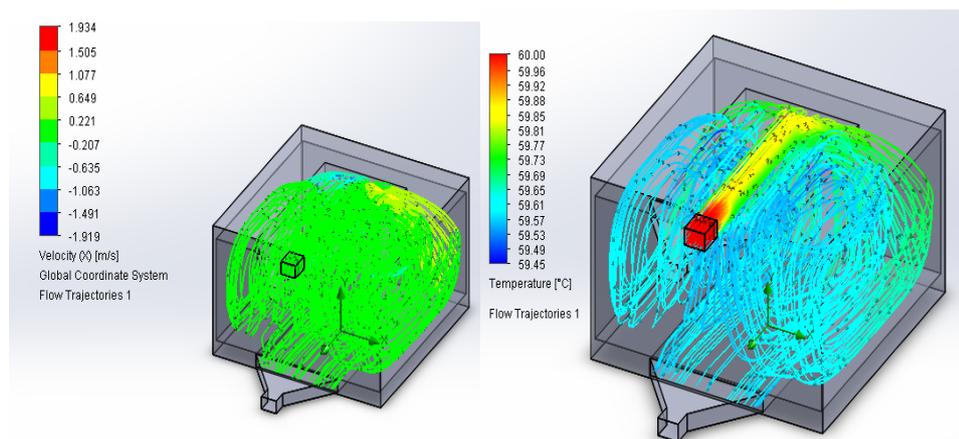


Figura 3. 56: Trayectorias de flujo dentro de la cámara etapa de secado.

Fuente: [Autor]

Las simulaciones que se presentaron a continuación establecen parámetros que están dentro de los rangos seleccionados y calculados del sistema, como es la

velocidad de flujo en la etapa de secado que en la simulación nos dio un valor de 1,934 m/s y la recomendación para cabinas de poca profundidad de la tabla 3.28 el límite superior es de 2,5m/s estos datos hacen.

3.18. Selección del material filtrante

Para seleccionar de manera adecuada debemos de tener en cuenta que el material a filtrar es aire más pintura poliuretano (PU) y partículas de polvo que ingresan al emplazamiento de la cámara de secado, es de gran importancia tener un aire filtrado para evitar reprocesos y acabados de superficie defectuosos.

En esta selección se debe de considerar los productos que se encuentran en el mercado de nuestro país para poder tener una renovación continua de estos elementos que necesitan de cambios continuos.

Todas las características de los filtros se los pueden apreciar en el Anexo O.

3.18.1 Filtros Piso

De manera general son los filtros que tienen una vida útil más corta que los de otros tipos ya que son la entrada del extractor principal además de que atrapa la mayoría de partículas over spray hacen que se formen un tipo escamas entre espacios de malla que dificultan el paso de fluido libre, es recomendable cambiarlos cada 6 meses, esto dependiendo de la utilización de la cabina, tomando en cuenta las características de la Tabla 3.12, se seleccionan los de manta de fibra de vidrio, ya que se los encuentra fácilmente además de su versatilidad de acoplamiento en la cámara de pintura [15].

Mantas filtrantes G4 ALDAIR:

- Medio filtrante ignífugo
- CEN-EN 779 M1
- Medidas: rollos 1x20 y 2x20

3.18.2. Pre filtros

Estos filtros son considerados importantes para la conservación de los filtros del techo o plenum, resisten temperaturas altas y están situados a la entrada de la campana de ingreso de aire caliente, generalmente en sistemas cerrados filtran

partículas de gran tamaño, tomando en cuenta a las características presentadas en la Tabla 3.12, se decidió por escoger los de bolsas de manta de fibra de vidrio con marco metálico, son de un costo económico y fácil de encontrar.

Mantas filtrantes G3 ALDAIR:

- Medio filtrante ignífugo
- Marco de cartón y metálico (de superficie plana o quebrada) + filtro de bolsa

3.18.3. Filtros techo

Los filtros de techo o de la salida del plenum son por lo general para mantenibilidad de tipo manta, aunque existen de marcos de chapa metálica, pero está en dependencia de la configuración geométrica del techo de la misma manera que en los casos anteriores tomando en cuenta las características de la Tabla 3.12 se decidió por elegir las mantas de fibra de vidrio de acción adhesiva. [15]

Manta filtrante F5 ALDAIR

- Medio filtrante autoextinguible
- CEN-EN 779
- Medidas: rollos 1x20 y 2x20 (*y corte a medida)

3.19. Diseño y selección del sistema de iluminación

Es importante para la comodidad del trabajador el poder observar el trabajo que haces además de tener un confort ergonómico cuando se habla de iluminación ya que si es deficiente el sistema produce un esfuerzo de la vista del trabajador y fallos en la aplicación de productos de pintura lo que implica reprocesos, gasto y retraso de tiempos de entrega.

Para realizar el siguiente diseño se utilizará el método de los lúmenes el cual determina la cantidad del flujo lumínico necesario para el espacio de trabajo analizado, además, de la distribución de luminarias dentro de la cámara que se observa en la figura 3.57, esto con el fin de tener la máxima eficiencia ergonómica en el trabajo, con condiciones aptas para el trabajador [9].

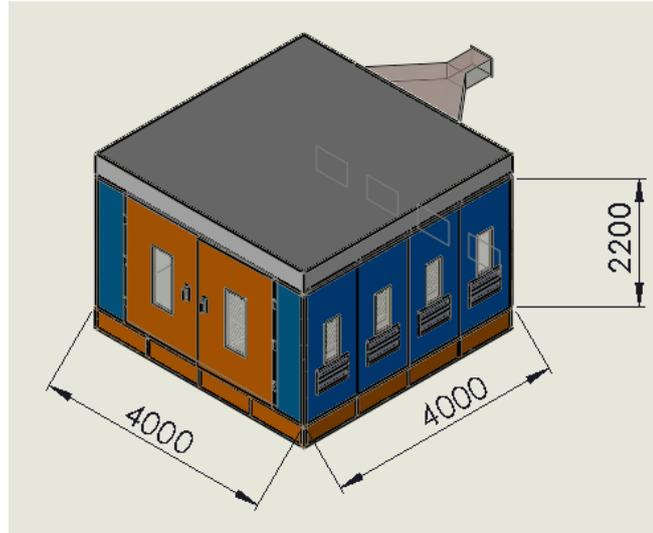


Figura 3.57: Medidas del espacio efectivo de trabajo de la cámara de pintura.

Fuente: [El Autor]

Nota: Las medidas para el análisis son: a = 4m; b = 4m; h = 2,2m.

3.19.1. Cálculo del flujo total luminoso necesario

Para determinar este valor necesario para este emplazamiento tomamos como referencia el nivel mínimo de iluminación el cual es de 750 luxes esta medida es obtenida del Anexo H. Nuestro flujo debe de ser igual o mayor a este nivel mínimo y máximo de 1000 luxes, se calcula con la Ecs. 36 y 37.

$$\Phi = \frac{Em * S}{\eta * f_m} \quad (36)$$

Donde:

- Φ = Flujo luminoso requerido
- Em = requerimiento mínimo de luxes
- S = Superficie de iluminación
- η = factor de utilización
- f_m = Factor de mantenimiento

$$Em = Luz\ requerida - Luz\ de\ ventanas \quad (37)$$

La luz para las ventanas se las obtiene de la norma mexicana de iluminación arquitectónica en donde para ventanas o claraboyas menores $0,5 \text{ m}^2$ de superficie se tiene un valor de 5 luxes por cada una.

$$Em = 750 \text{ lux} - 5(10)\text{Lux}$$

$$Em = 700\text{luxes}$$

Para determinar el flujo se debe de establecer el sistema de iluminación que vamos utilizar, esto regido en las referencias de la Norma Europea UNE-EN 12464-1:2003. Iluminación de los lugares de trabajo y a nuestro requerimiento analizando de forma que el sistema sea indirecto o semi indirecta ya que las luminarias deben de ir en los costados superiores de la cámara ya que en la parte central de la misma está ubicado el plenum en donde ingresa el flujo de aire el mismo que se puede alterar en sus direcciones con la presencia de objetos y esto podría desencadenar varios resultados no deseados en el pintado de los paneles.

3.19.1.1. Cálculo del índice del local (k)

Para establecer el plano de trabajo se toma el valor estándar recomendado por normas europeas como 0,85m como se observa en la figura 3.58, esto está dentro de las medidas de los apoyos para paneles que sirven para sostener las piezas a pintar y se utiliza la Ec.38.

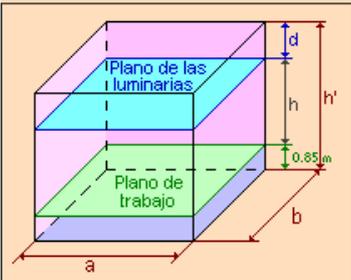
	Sistema de iluminación	Índice del local
	Iluminación directa, semidirecta, directa-indirecta y general difusa	$k = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)}$
	Iluminación indirecta y semiindirecta	$k = \frac{3 \cdot a \cdot b}{2 \cdot (h + 0.85) \cdot (a + b)}$

Figura 3.58: Índice local k según el sistema de iluminación [9].

$$k = \frac{3 \cdot a \cdot b}{2 \cdot (h + 0,85) \cdot (a + b)} \quad (38)$$

$$k = \frac{3 \cdot 4 \cdot 4}{2 \cdot (2,2 + 0,85) \cdot (4 + 4)}$$

$$k = 0,98$$

3.19.1.2. Coeficiente de reflexión

En nuestro caso las paredes están pintadas de color blanco, el piso tiene un color gris de parte de las rejillas del piso, las láminas laterales de acero galvanizado y en el techo se tiene manta filtrante de fibra de vidrio que normalmente es de un color verde claro.

Este coeficiente se da a través de la selección a través de la tabla 3.42, la que depende de la reflexión del color dispuesto para el local, además de los aspectos como paredes techos y suelo.

Tabla 3.42: Índice local k según el sistema de iluminación.

	Color	Factor de reflexión (ρ)
Techo	Blanco o muy claro	0.7
	claro	0.5
	medio	0.3
Paredes	claro	0.5
	medio	0.3
	oscuro	0.1
Suelo	claro	0.3
	oscuro	0.1

Fuente: [9]

$$\rho_{Techo} = 0,7$$

$$\rho_{Paredes} = 0,5$$

$$\rho_{Piso} = 0,1$$

Donde:

- ρ_{Techo} = Factor de reflexión del techo
- $\rho_{Paredes}$ = Factor de reflexión de las paredes
- ρ_{Piso} = Factor de reflexión de piso

3.19.1.3. Factor de utilización

La determinación de este factor depende del índice del local y del factor de reflexión en paredes y techo vistos anteriormente, para este caso la lámpara de resistencia a altas temperaturas Philips tiene su coeficiente de utilización en la siguiente tabla y las demás características de diseño y funcionamiento en el Anexo I.

Para ingresar a la tabla 3.43 de la luminaria se establecen los siguientes términos que equiparan a la nomenclatura que estamos utilizando.

- $\rho_{Techo} = 0,7 = pcc$
- $\rho_{Paredes} = 0,5 = pw$
- $\rho_{Piso} = 0,1 = pfc$

Tabla 3.43: Factor de utilización de lámpara Philips T8 Day brite.

FIXTURE EFFICIENCY= 82.1%

COEFFICIENT OF UTILIZATION									
pfc	20			70			50		
pcc	80			70			50		
pw	70	50	30	70	50	30	50	30	
RCR									
0	97	97	97	95	95	95	91	91	
1	90	86	83	88	84	81	81	79	
2	82	77	71	81	75	70	71	68	
3	76	68	61	73	67	60	65	59	
4	69	60	54	68	59	54	57	53	
5	65	55	47	63	54	47	52	46	
6	59	50	42	58	48	42	47	41	
7	56	45	39	55	45	38	44	38	
8	52	41	34	51	40	34	40	34	
9	48	38	32	47	38	32	36	30	
10	46	34	28	45	34	28	34	28	

Fuente: [Catálogo de luminarias Philips]

Las propiedades de las luminarias se las puede observar en el Anexo Q.

$$\eta = 0,52$$

Donde:

- $\eta = \text{Coeficiente de utilización}$

3.19.1.4. Factor de mantenimiento

Este factor depende directamente de la clase de ambiente a la cual está sometido el sistema de iluminación como se observa en la tabla 3.44, en donde se reflejan la frecuencia con la que se debería de dar mantenimiento a las luminarias, para nuestro caso es un ambiente de tipo sucio ya que está continuamente expuesto a las nubes de over spray. [9]

Tabla 3.44: Factor de mantenimiento de iluminación.

Ambiente	Factor de mantenimiento (f_m)
Limpio	0.8
Sucio	0.6

Fuente: [9]

$$f_m = 0,6$$

Donde:

- $f_m = \text{Factor de mantenimiento}$

Una vez encontrado los factores que determinan el flujo requerido se reemplaza en la siguiente expresión:

$$\Phi_{Total} = \frac{Em * S}{\eta * f_m}$$

$$\Phi_{Total} = \frac{700 \text{ luxes} * 16m^2}{0,52 * 0,6}$$

$$\Phi_{Total} = 35897,43 \text{ lumens}$$

3.19.2. Cálculo del número de luminarias necesarias

Para el cálculo presente tenemos como referencia el dato de que para el requerimiento del emplazamiento son luminarias de tipo led resistentes a las temperaturas de 70°C, además, de $\Phi_{luminaria} = 1530 \text{ lumens}(0-30^\circ)$ posicionadas en ángulo y cuatro tubos por conjunto de lámparas y se aplica la Ec. 39.

$$N = \frac{\Phi_{Total}}{n * \Phi_{luminaria}} \quad (39)$$

$$N = \frac{35897,43 \text{ lumens}}{4 * 1530 \text{ lumens}}$$

$$N = 5,86 = 6 \text{ (Lámparas T8)}$$

Una vez realizada el cálculo del número de lámparas necesaria para el emplazamiento se tiene la siguiente distribución, la que consta de 6 lámparas T8 marca Philips dispuesta a los extremos con un ángulo de 19° como se muestra en la figura 3.59, según las recomendaciones de fabricantes de cabinas de pintura.

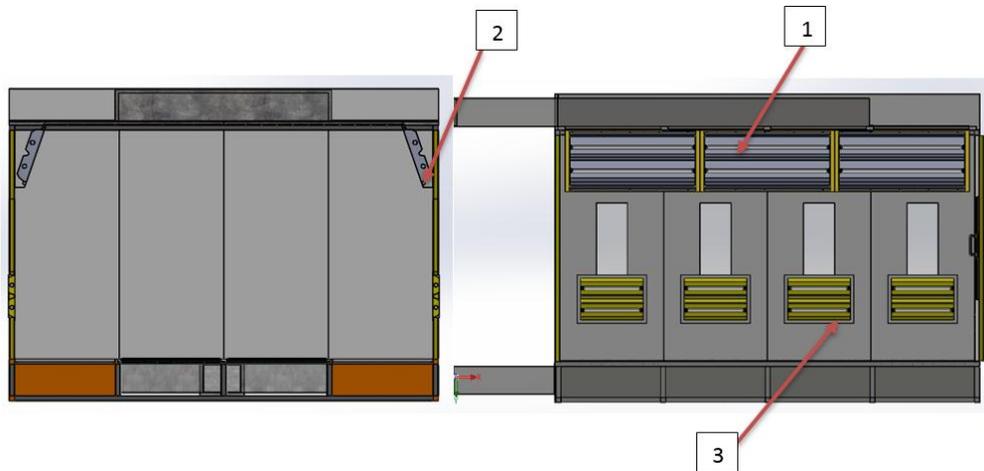


Figura 3.59: Disposición de las lámparas en el emplazamiento.

Fuente: [El Autor]

Nota: 1. Posición con ángulo de 19° de inclinación; 2. Tres lámparas T8 de 1513 lúmenes; 3. Ocho lámparas de apoyo de dos tubos de 340 lúmenes.

3.20. Construcción de la cámara

Para la etapa de construcción de este proyecto se tomó la decisión por parte de la empresa de realizarla con los operarios de la misma, esto para evitar la contratación de personal y con la posibilidad de trabajar en la misma empresa ya que consta de varias máquinas y equipos con lo que se desarrolló el proyecto.

La construcción del proyecto lo supervisó el administrador de la empresa así como el autor de este proyecto para que se cumplan con cada una de las especificaciones del diseño, además de que tenga la funcionalidad que requiere la empresa, la figura 3.60 presenta la construcción de la estructura metálica del piso la misma.



Figura 3.60: Estructura metálica del piso en ensamble.

[El Autor]

Teniendo como referencia los planos mecánicos de la cámara proporcionados por el autor del presente proyecto se procedió a fabricar la estructura superior y sus paredes térmicas aisladas con lana de vidrio de 50 mm de espesor como se observa en la figura 3.61.



Figura 3.61: Construcción de paredes térmicas.

[El Autor]

Luego hacer las paredes térmicas según las medidas especificadas se realizó el ensamble de cada una de las partes del confinado como se muestra en la figura 3.62.



Figura 3.62: Ensamble de paredes y techo.

[El Autor]

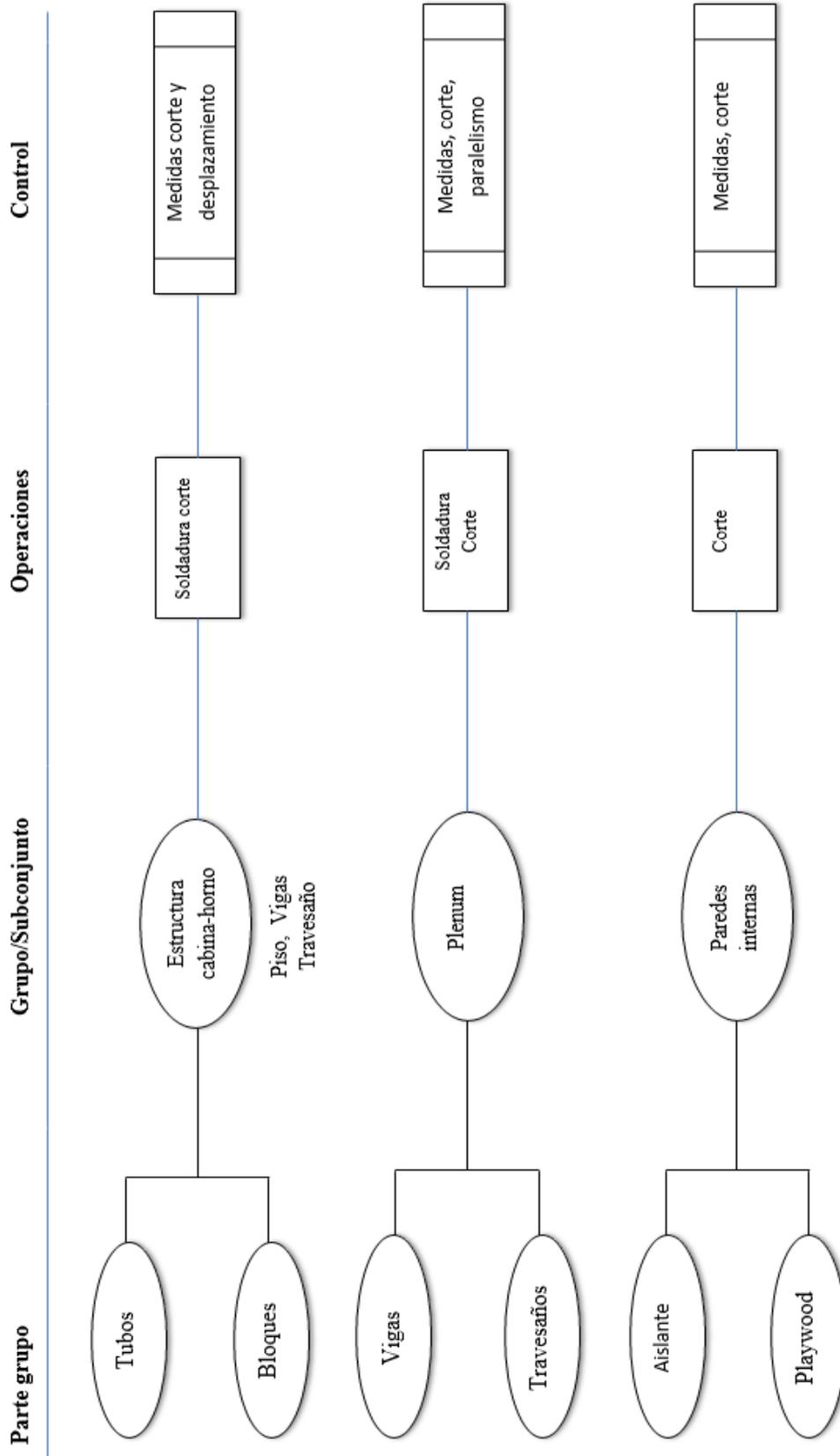
Una vez armado el armazón con las paredes se procedió al ensamble del techo y las luces en el interior del emplazamiento como se observa en la figura 3.63.



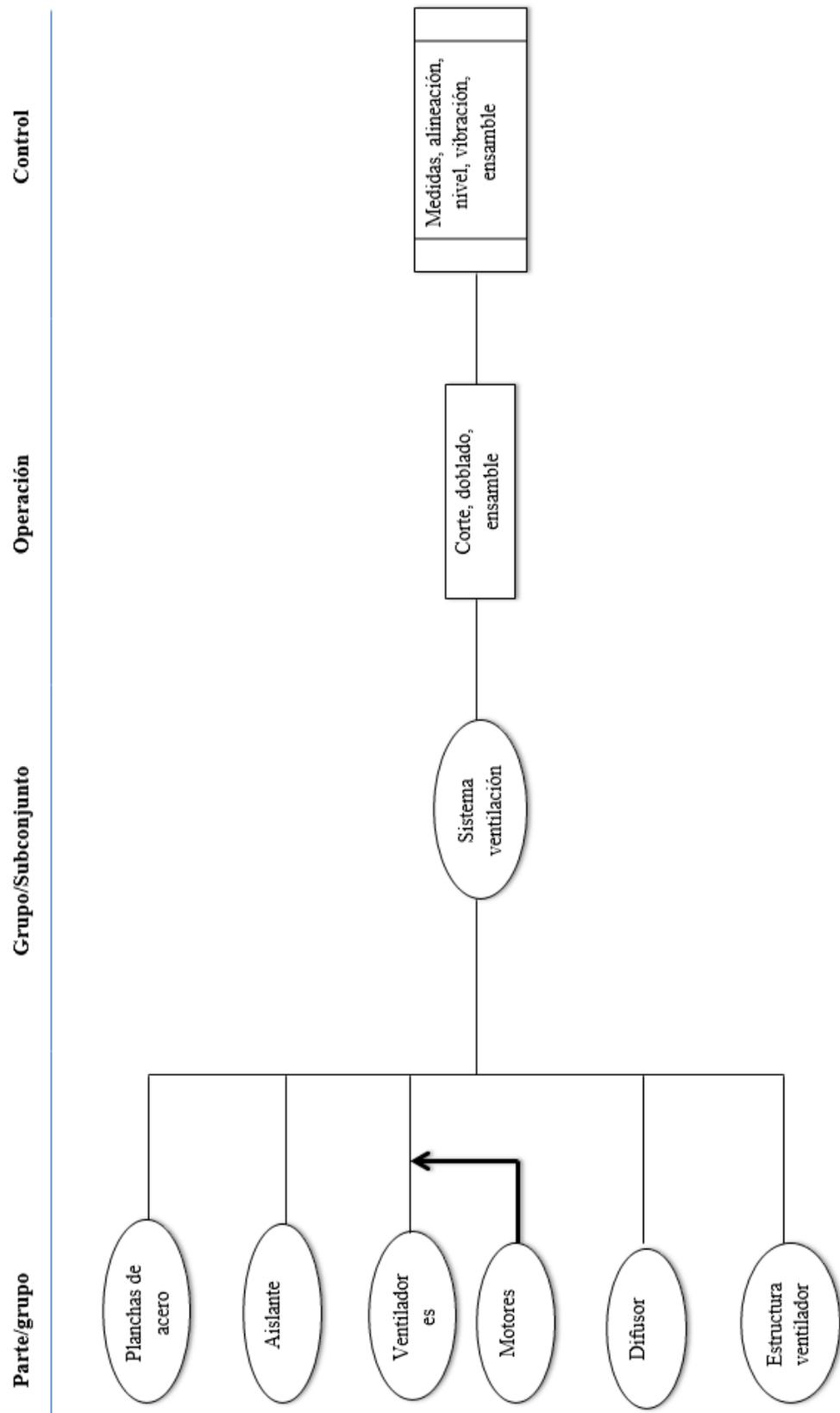
Figura 3.63: Ensamble de lámparas T8 y de mantas filtrantes de plenum.

[El Autor]

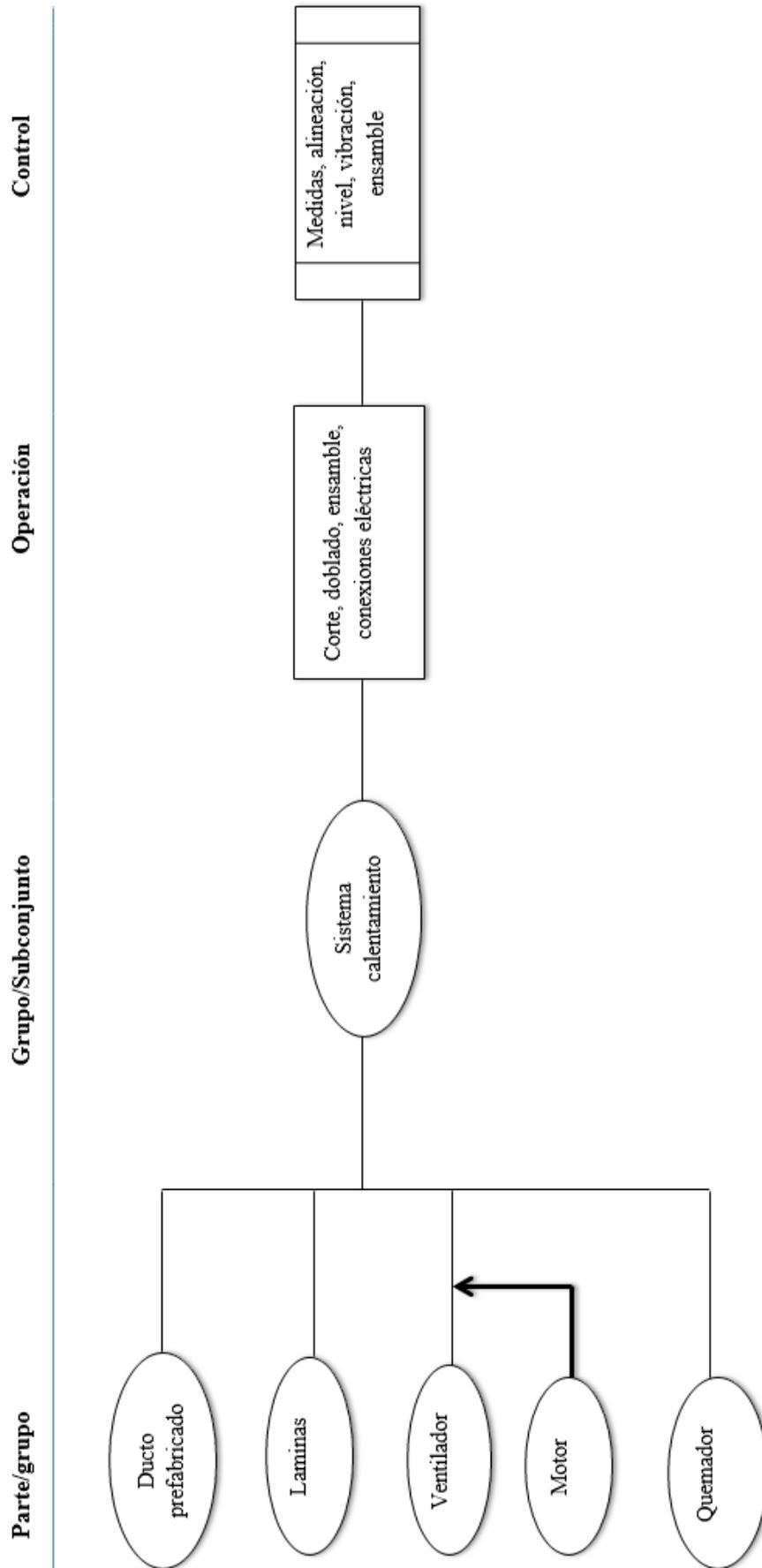
3.20.1. Diagrama de montaje



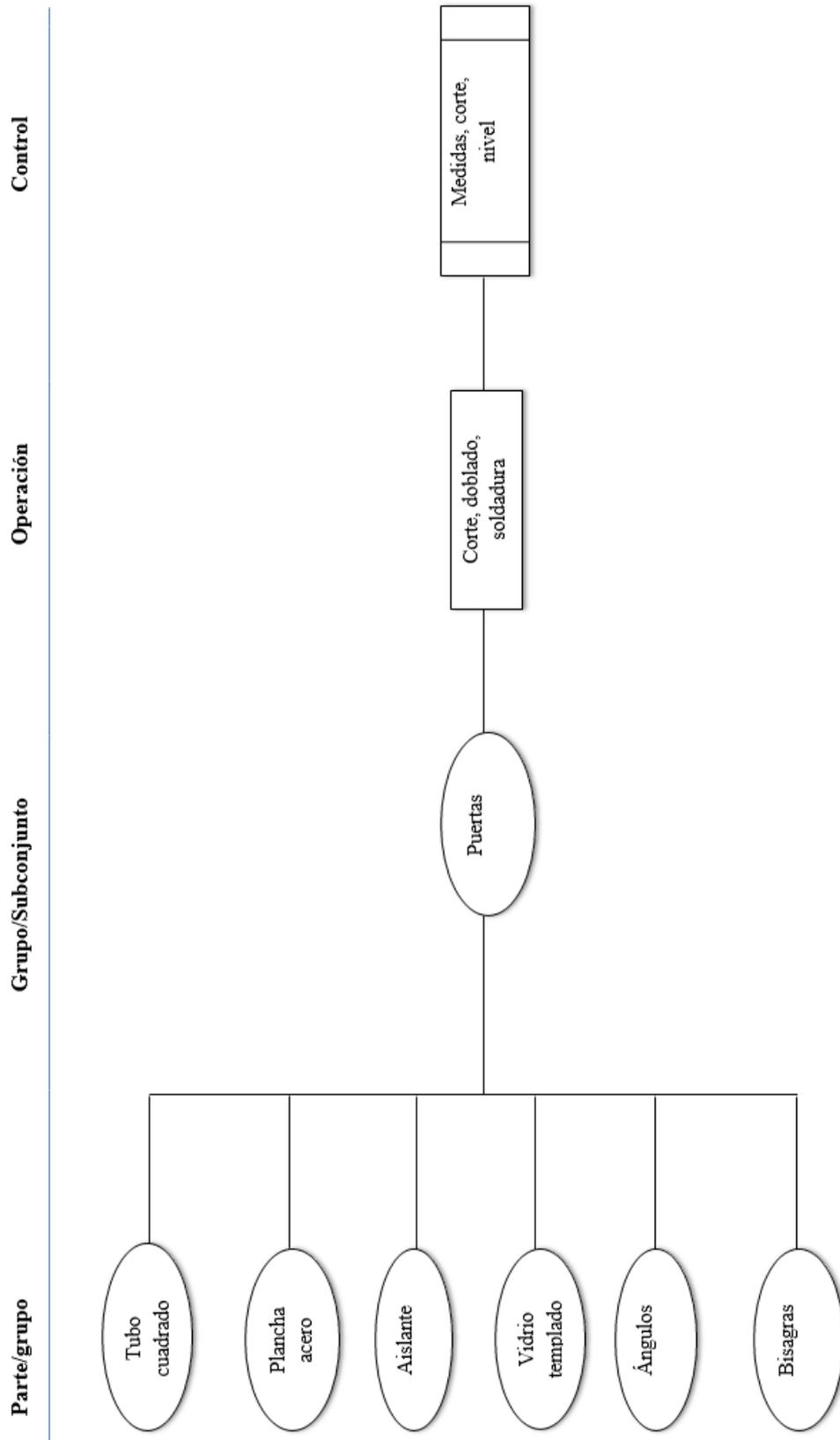
Diagramas de montaje (continuación).



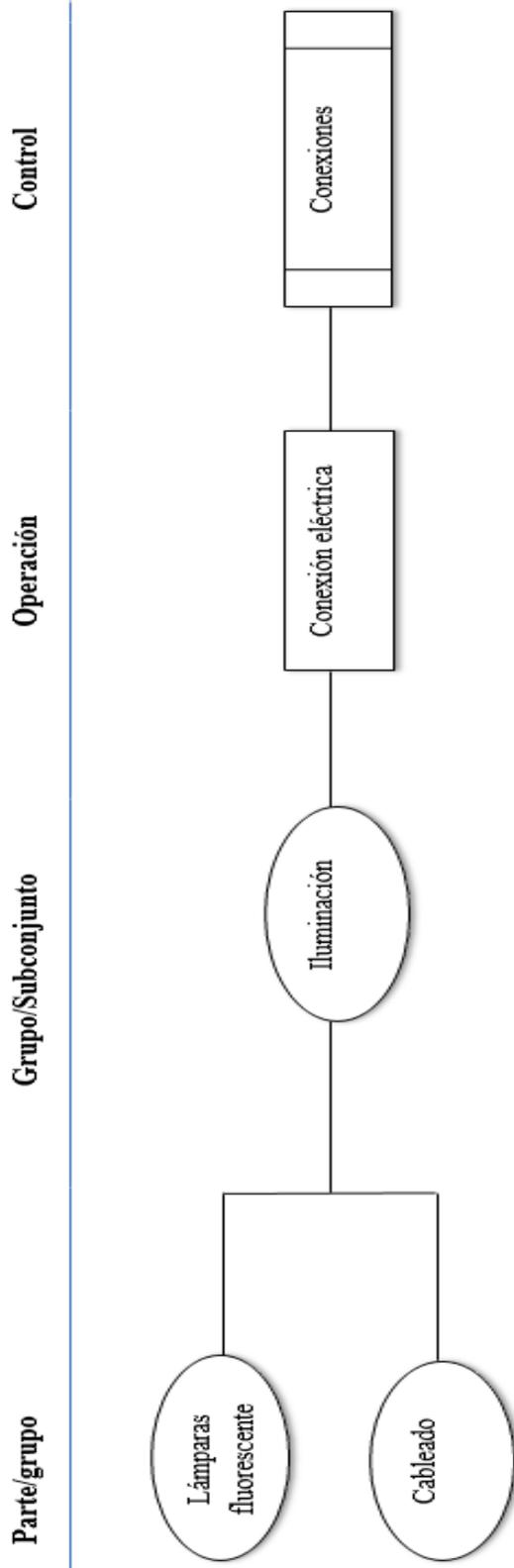
Diagramas de montaje (continuación).



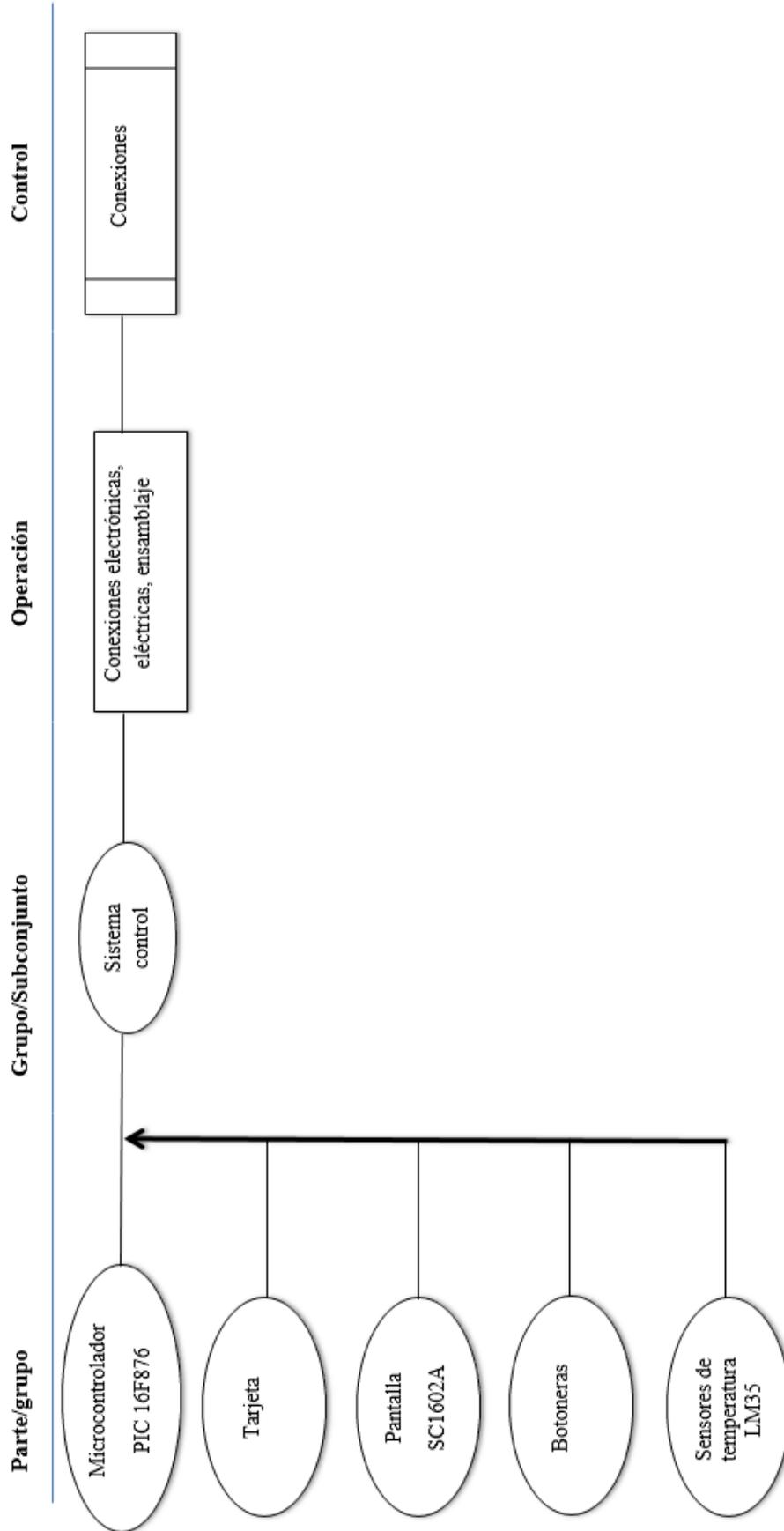
Diagramas de montaje (continuación).



Diagramas de montaje (continuación).



Diagramas de montaje (continuación).



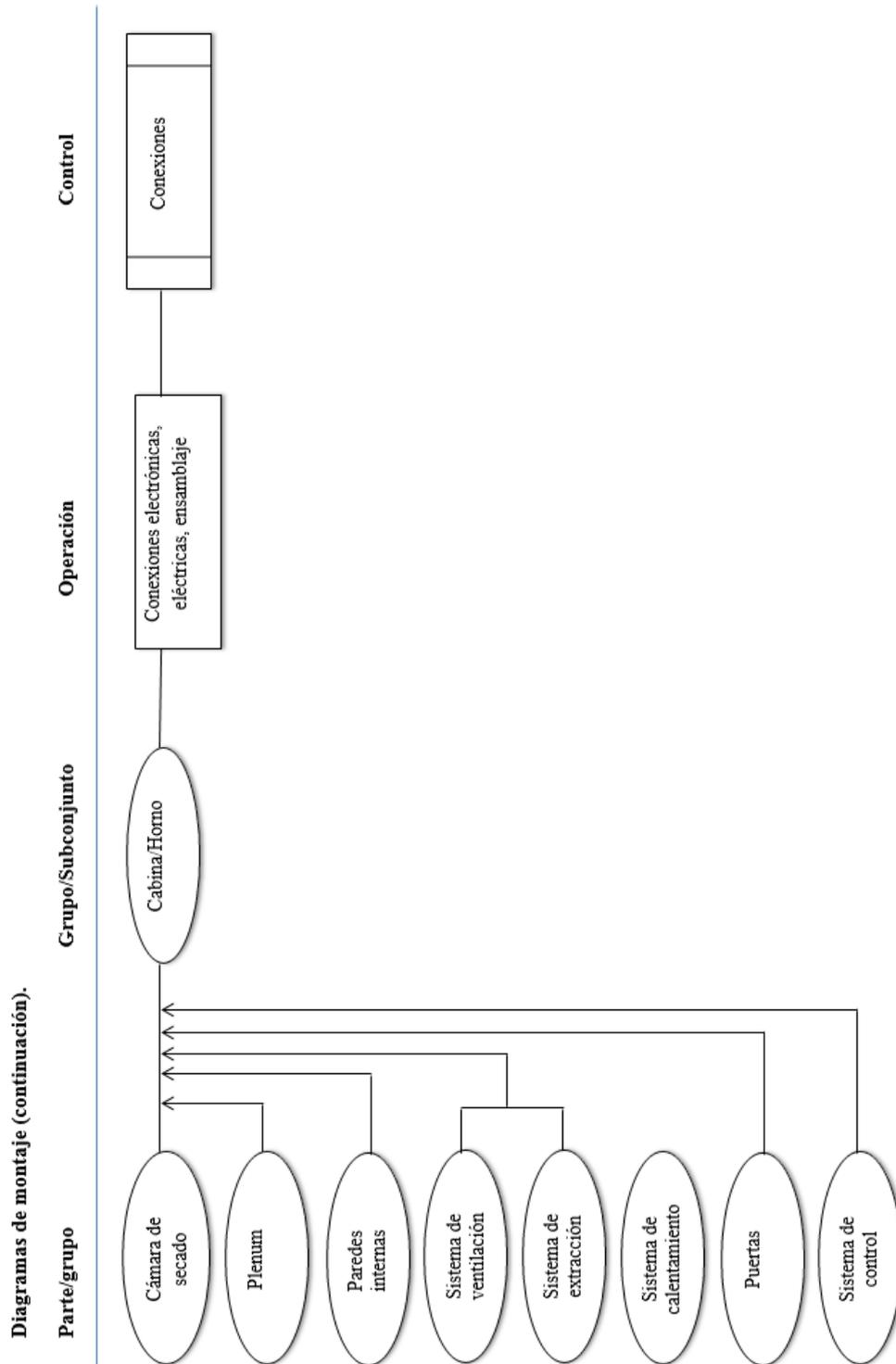


Figura 3.64: Diagramas de montaje cámara express de pintura

[Autor]

3.21. Presupuesto de construcción de cámara de pintura express

Es importante determinar los gastos que se van a realizar en la construcción del proyecto el mismo que es tangible para la empresa Talleres Fixauto, los que han dirigido fondos para lograr con este objetivo como se puede ver en la tabla 3.45 a continuación.

Tabla 3.45: Presupuesto de materiales.

DETALLE	Cantidad	Precio Unitario \$	Precio Total \$
Tubos cuadrados de acero negro medida (50x50x1.5) mm	18	12,50	225,00
Planchas de acero galvanizado medida (1.5x2.80x0.0001)m	22	26,00	572,00
Rollos de lana de vidrio medida (1x2x0.05)m	26	8,50	221,00
Vidrios espesor 8mm medidas (30x70)cm	16	2,00	32,00
Lámparas T8 (2) Filamentos tubos	8	42,50	340,00
Lámparas T 12 (3) Filamentos tubos	6	52,50	\$315,00
Rollos de manta filtrante de fibra de vidrio	4	56,00	224,00
Rejillas de piso galvanizadas antideslizante medida (1x6x0.0025)m	2	245,00	490,00
Planchas de aglomerado e=50mm	3	10,00	30,00
Ductos o mangas PVC	4	25,00	100,00
Pirómetro digital(con termo cúpulas)	1	80,00	80,00
Cauchos tipo Manto	10	3,00	30,00
			2.659,00

[El Autor]

Tabla 3.46: Presupuesto de maquinaria presentes en la cámara.

DETALLE	Cantidad	Precio Unitario \$	Precio Total \$
Quemador marca Lamborghini	1	1.000,00	1.000,00
Ventiladores Centrífugos	2	450,00	900,00
Intercambiador de calor Coraza y tubos A=18.92	1	1.000,00	1.000,00
Variador de frecuencia THx200	1	300,00	300,00
			3.200,00

[El Autor]

El presupuesto de insumos destinados a la construcción se los expone en la Tabla 3.47.

Tabla 3.47: Presupuesto de insumos de construcción.

DETALLE	Cantidad	Precio Unitario \$	Precio Total \$
Discos de corte (115x1.6x22.23)mm	12	2,80	33,60
Discos de pulido (115x6.4x22.23)mm	4	2,20	8,80
cajas de tornillos auto roscantes	3	7,80	23,40
Libras de electrodos 6011	3	3,60	10,80
Tubos de Sikaflex 221 (para juntas)	3	9,70	29,10
Tubos de Sikaflex 256 (Pegado Vidrios)	3	11,80	35,40
Pliegos de lija Fandelli seco	12	0,40	4,80
Impresión Fosfatante IXELL (Litros)	1	17,80	17,80
Pintura poliuretano IXELL (litros)	4	28,14	112,56
Tinner Laca (galón)	1	6,50	6,50
Tinner poliuretano 380 (galón)	1	16,50	16,50
			299,26

[El Autor]

Los costos de mano de obra y asesoría técnica los mismos que se calcularon según el tiempo estimado de la construcción de la misma y están detallados en la tabla 3.48 y 3.49.

Tabla 3.48: Costo mano de obra.

DETALLE	Cantidad	Meses	Sueldo \$	Precio Total \$
Obreros	2	1	375,00	750,00
Jefe de Taller	1	0,5	600,00	300,00
				1.050,00

[El Autor]

Tabla 3.49: Gastos Administrativos.

DETALLE	Total \$
Servicios Básicos + Personal Administrativo	200,00
Uso de Maquinaria y herramientas (1 mes)	

[Autor]

La tabla 3.50 presenta el resumen de los costos totales de la construcción de la cámara de secado de pintura express.

Tabla 3.50: Resumen Costo total del proyecto.

DETALLE	SUBTOTAL \$
Materiales	2.659,00
Insumos de Construcción	299,26
Maquinaria	3.200,00
Personal	1.050,00
Gastos Administrativos	200,00
TOTAL	7.328,26

[El Autor]

3.22. Análisis de la productividad con la cámara de secado presente en el taller

La empresa invirtió 7238,26 dólares los cuales se dirigieron de manera efectiva para la construcción de la cámara de secado que comenzó su operación el lunes 3 de julio en la empresa como se observa en la figura 3.65, donde se desarrolló un seguimiento del funcionamiento de la cámara de secado de pintura express durante un mes con lo que se obtuvo un flujo debajo de lo normal, aunque por reportes del departamento financiero de la empresa el comportamiento de estos meses en el año es de una producción por debajo de lo normal.



Figura 3.65: Pintura de guardachoque en cámara de secado.

[Autor]

3.22.1. Proceso de un arreglo express con secado en cámara

Para realizar este análisis de tiempos se dispuso el tiempo promedio de secado de una pieza dentro de la cámara el cual es de 25 minutos en la etapa de barnizado, ya que en la utilización en la etapa de pintado el flujo de aire y la velocidad de alrededor de 2m/s hacen que las capas superficiales de imprimados y tintes se sequen en tiempos mínimos.

En la tabla 3.51 se muestra el proceso de arreglo de una pieza con secado en cámara de pintura.

Tabla 3. 51: Tiempos de procesos de un arreglo express dentro de cámara de pintura.

ACTIVIDAD	Descripción	Tiempo empleado	Persona encargada
Limpieza de partes afectadas	Vista previa del daño del auto y lavado de las piezas que se van a arreglar	5 min	ASTEC
Desarmado	Normalmente se reemplazan paneles y piezas los cuales deben de ser retirados de la carrocería o a su vez para el enderezado del mismo si existe hasta un 40% de daño	20min	ASTEC
Enderezado	Se procede a realizar el arreglo de la chapa metálica o a su vez el enderezado por calor de polímeros ABS.	30min	TEC1
Lijado previo a masillado	En esta actividad se reduce el tamaño de las rayaduras que se han producido por el enderezado y para la identificación de huecos en la superficie	5min	TEC2
Masillado	Se aplica un polímero de alta resistencia que ayuda a la igualdad de superficies y ocultar las rayas producidas en el enderezado, por lo general son dos aplicaciones	3 min cada aplicación (6 min total)	TEC2
Secado de masilla	Este proceso es relativamente es lento pero no se puede realizar una alteración en su secado ya que las especificaciones nos indican que a 20°C y con un catalizador al 10% su secado se lo realiza en 20 min	20min cada aplicación (40 min)	
Lijado post masillado	Una vez que los paneles o piezas plásticas se han enderezado se las lija y masilla para obtener una superficie que concuerde con la estética del auto	20 min	TEC2
Imprimado o Fondeado	Una vez comprobado que las superficies no tengan porosidades, desperfectos ni oleaje se procede a realizar a aplicar la capa de fondo que esté de acuerdo al tono del color del auto. A una temperatura de 25 °C.	3min	TEC2
Secado de fondo	Este proceso se lo realiza a temperatura de 25°C antes de someterlo a un lijado.	30min	
Lijado de fondo	Se igualan las superficie con un abrasivo que no supere las 400PM	10min	TEC2
Empapelado	Se cubren las partes que no se van a pintar para que el carro no se contamine con las partículas llamadas over spray generadas en la pulverización de la pintura.	10min	ASTEC
Pintado	Se aplican tres capas de pintura PU dejando un tiempo de oreo entre capas de 10 minutos asegurando la igualdad y cubrimiento de la falla con el tono correcto además de una capa de barniz de secado rápido. Esto se realiza a una temperatura de 25°C	20min	TEC2
Secado de barniz	Se realiza dentro de la cámara de pintura express con una temperatura de 60 °C.	25min	
Ensamble	Se realiza el armado y cuadraje de cada una de las piezas que se las sacó después de estar pintadas	20min	ASTEC
Control de calidad	Se realiza una revisión del acabado el cual debe de tener una superficie plana sin oleaje y sin características de pintura como son ralladuras, espolvoreado o piel de naranja que es un grosor excesivo en la capa final de barniz.	5min	JT
	Tiempo total	226 min	

[El Autor]

Nota: Se distinguen los responsables del proceso como ASTEC asistente de técnicos; TEC1 técnico enderezada; TEC2 técnico pintura y preparación; JT jefe de taller y siglas como PM partículas por millón; PU poliuretano; ABS acrilonitrilo butadieno estireno.

Con el secado dentro de la cámara se reduce el tiempo de producción a 226 min lo cual traducido en horas es 3,76 que nos deja un porcentaje de reducción del 46,5 % del tiempo empleado como se observa en la tabla 3.52, que anteriormente el secado se lo realizaba a temperatura ambiente en los procesos de tinturado y barnizado.

Tabla 3.52: Registro de arreglos express mes de funcionamiento de la cámara de pintura.

Mes	Número de Autos	Horas trabajadas	Horas empleadas para arreglos express	Número de personas empleadas	Productividad
jul-17	23	145	50	3	0,46

Fuente: [Departamento financiero de Talleres Fixauto]

$$Productividad = \frac{Producto}{Insumos}$$

$$Productividad = \frac{Autos arreglados}{Horas empleadas}$$

$$Productividad = \frac{23}{50}$$

$$Productividad = 0,46$$

Para este caso se realizó una comparación de los meses seguidos, donde en el mes de junio se realizó el proceso de arreglo de la manera tradicional a temperatura ambiente y el mes de julio con la implementación de la cámara de secado presentado en la tabla 3.53, estos datos proporcionados por el departamento financiero de la empresa.

Tabla 3.53: Comparación de productividad de mes con y sin funcionamiento de la cámara de secado en el proceso productivo de la empresa.

CUADRO COMPARATIVO		
Detalle	Arreglos mes junio 2017	Arreglos mes julio 2017
Autos entregados	25	23
Horas para arreglos express	80	50
Número de personas	4	3
Utilización de cámara de secado	No	si
Productividad	0,31	0,46

Fuente: [El Autor]

3.22.2. Proyección de producción de arreglos express

El presente proyecto ha reducido los tiempos de entrega de un arreglo express, además, de un aumento de la productividad en un 50 % es por lo que se ha proyectado un valor estimado de carros entregados para lo que resta del año como se puede apreciar en la tabla 3.54.

Tabla 3.54: Proyecciones de autos entregados para lo que resta del año 2017.

Mes	Número de Autos	Horas trabajadas	Horas empleadas para arreglos express	Número de personas empleadas	Productividad
jul-17	23	150	50	3	0,5
ago-17	50	152	55	4	0,3
sep-17	60	160	70	4	0,4
oct-17	48	160	70	3	0,3
nov-17	68	160	70	3	0,4
dic-17	60	160	60	3	0,4

Fuente: [El Autor]

La productividad promedio que se procede a calcular toma en cuenta a la proyectada para el resto del año, esto quiere decir que esta productividad puede someterse a varios cambios en el número de autos receptados, esta información se a proyectado en base al historial registrado por el departamento financiero de la empresa Fixauto como se observa en la figura 3.66.



Figura 3.66: Proyecciones de autos entregados para lo que resta del año 2017.

Fuente: [El Autor]

Con los datos proyectados para el segundo semestre del año se determina la productividad promedio proyectada se utiliza la siguiente fórmula:

$$Productividad = \frac{Promedio\ de\ carros\ semestrales}{Promedio\ de\ horas\ semestrales\ trabajadas}$$

$$Productividad\ Promedio = \frac{51,5}{62,5}$$

$$Productividad\ Promedio = 0,8$$

Con esta mejora al proceso de secado se ha eliminado el pulido de paneles lo que reduce en un 10% el costo de la refacción, además, de que se aumenta al doble de la producción ya que se realiza el 80 % del avance de un arreglo express por cada hora.

3.24. Funcionamiento general

La cámara de secado de pintura funciona en dos etapas con un tablero de control, el mismo que nos permite en la fase de pintura realizar una extracción de las partículas over spray y hace que se active un extractor centrifugo que recoge a través de un ducto situado en el piso de la estructura las partículas poliuretano (PU) en mantas filtrantes, esta etapa es de gran importancia para la reducción de los defectos en los paneles a pintar. Para esta etapa se recomienda setiar una temperatura de 25°C para que la pintura tenga una superficie termo adherente.

Una vez acabada la etapa de pintura se procede al secado de los paneles con lo que se setea en el pirómetro digital una temperatura de 60°C, después de haber acabado de dar la última mano de barniz. Esta etapa genera calor hacia la cámara a través de la combustión de un quemador la misma que se convierte en un flujo de aire caliente de alta temperatura que recorre los ductos hacia un intercambiador de calor que tiene como fluido de enfriamiento aire a temperatura ambiente con un gasto másico mayor al de la entrada caliente, esto produce que por transferencia de calor dentro del intercambiador salga la temperatura ideal de secado que es de 60°C, esta temperatura es ideal para los productos de secado rápido mostrados en la tabla 3.5, hace que el tiempo de secado medido sea alrededor de 25 minutos; se debe tener en cuenta que no debe existir personal laborando a esas temperaturas ya que pudieran sobrepasar los límites de estrés térmico y producir graves afectaciones a la salud del trabajador.

Realizado el secado de las piezas se procede a retirarlas después de que el sistema de empuje de aire caliente se haya desactivado automáticamente a través de un temporizador, este lapso de espera puede estar de 3 a 5 minutos hasta que el aire caliente reduzca su temperatura y este a un rango de temperatura aceptable para el cuerpo humano.

Si existiesen problemas dentro del proceso de secado es de gran importancia presionar el botón de paro de emergencia para que la seguridad humana y la del producto no estén en riesgo.

3.25. Mantenimiento general

El mantenimiento periódico que se debe dar a esta cámara es el de cambio de filtros de toda la maquinaria, así como también la limpieza interna semanal o cada vez que el requerimiento lo necesite.

Se debe dar mantenimiento al sistema de empuje de aire cada 6 meses revisando el funcionamiento del quemador y el estado de la chapa mecánica del intercambiador, además, de una limpieza y revisión eléctrica a los motores presentes en los ventiladores centrífugos.

El mantenimiento de iluminarias se debe de realizar cada 3 meses examinando los tubos y lámparas led en su parte eléctrica, como también la limpieza de las mismas.

CAPITULO IV

4.1. CONCLUSIONES

- Con el uso del método de ponderaciones se estableció que la combinación de una cabina y un cuarto limpio de pintura era el tipo de secador que requiere la empresa Fixauto, por lo que se implantó el concepto de cámara express de pintura, los parámetros de funcionamiento se seleccionaron en función de los lineamientos de diseño térmico y mecánico, obteniendo como resultado una reducción de una hora y quince minutos en la etapa de secado del barnizado, ocupando los materiales de secado rápido en rangos de temperaturas de 50 a 60 °C.
- Se determinó que para el requerimiento de secado de paneles en el proceso de pintura con materiales de secado rápido la temperatura ideal al fin de un mes de pruebas es de 50°C, aunque el sistema puede alcanzar una temperatura máxima de 60 °C, la misma que se alcanza al cabo de 20 minutos en todo su volumen a partir de que arrancó el sistema de extracción y empuje de aire caliente.
- La empresa Fixauto aumentó su productividad en un 48% al reducir cerca de 30 horas sumadas de trabajo al mes de tres trabajadores, que pertenecen al equipo de este tipo de arreglos, durante el análisis de un mes de funcionamiento de la cámara de secado para el proceso de pintura, además, eliminó el costo del reproceso de pulido para las reparaciones express ya que el acabado superficial de los paneles pintados dentro de la cámara tienen menos del 15% de impurezas referente a la superficie total del mismo.

- Mediante simulación del modelo en un software, se verificó los resultados obtenidos mediante el análisis experimental y los datos arrojados por el programa, verificando que no existe una gran variación de temperaturas máximas de pared en el interior de la cámara, con las condiciones iniciales de funcionamiento las cuales fueron para la simulación de 49°C y la temperatura obtenida a través del análisis experimental fue de 52,74°C.
- El intercambiador seleccionado para el requerimiento de funcionamiento fue determinado a través del método de diferencias logarítmicas de temperatura, en donde se estableció un área de transferencia de 18,96 m², el mismo que fue de fabricación nacional.

4.2. RECOMENDACIONES

- Para obtener un menor tiempo de espera en alcanzar la temperatura requerida para todo el volumen de la cámara, se debe prender el sistema de empuje de aire caliente 5 minutos mientras se cumple la etapa de pintado para tener una eficiencia energética y menos consumo de combustible.
- Se recomienda limpiar con aire comprimido las paredes internas de la cámara de secado, cada vez que se la vaya a utilizar, esto garantiza que las partículas de polvo o cualquier agente contaminante se retiren y dañen de manera significativa el acabado superficial de los paneles a pintar.
- Para obtener la máxima eficiencia de tiempos de secado es necesario que los productos como imprimaciones y barniz sean de secado rápido, esto agiliza el proceso de este tipo de reparaciones.
- Se recomienda al pintar una pieza metálica o plástica establecer las temperaturas adecuadas para cada material para evitar cristalización de la capa de barnizado.
- Dentro de la utilización de la cámara, es recomendable para el pintado de piezas nuevas utilizar el proceso de “mojado sobre mojado”, este reducirá el tiempo considerablemente al proceso de pintura.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Domínguez Soriano Esteban, "El taller de pintura, equipos y seguridad, embellecimiento de superficies" Madrid, España. EDITEX .2014.
- [2] Eduardo Águeda, José García, "Embelllecimiento de superficies". Madrid, España. Paraninfo S.A. 2017
- [3] "Catálogo de cabinas de pintura". Tecnicabinas S.L. Valencia. España. 2015
- [4] "Catálogo AQ AIR México". Internet: <http://www.aqdemexico.com/productos/> [Febrero 2017]
- [5] "Equipamientos de pintura". ASPERSUL. Brasil. Internet: [http://www.aspersul.com.br/br/produtos/3/cabines_para_pintura__secagem_down draft](http://www.aspersul.com.br/br/produtos/3/cabines_para_pintura__secagem_down_draft) [Enero 2017]
- [6] "Equipos de pintura compactos". LAGOS. España. Internet: <http://www.directindustry.es/prod/equipos-lagos/product-161013-1652518.html> [Febrero 2017]
- [7] Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2095 Esmaltes alquídicos sintéticos para vehículos
- [8] J. Navarro, "Pintado de vehículos", España. Madrid. Paraninfo S.A., 2013.
- [9] N. Castilla Cabanes, V. Blanca Giménez, A. Martínez Antón y R. M. Pastor Villa, «LUMINOTECNIA, CÁLCULO SEGÚN EL MÉTODO DE LOS LÚMENES,» UPV, Valencia, 2000.
- [10] Yunus A. Cengel, "Transferencia de calor y masa". Oklahoma, Estados Unidos. MG Graw Hill.2007.
- [11] Álvarez C., García J., Ramírez E., "Productividad y Desarrollo" Obregón. México. ITSON 2012.

[12] “Catálogo Productos Mipa”. Madrid Paints. España. Internet:
<http://www.madrid-paints.es/> [Enero 2017]

[13] Robert L. Mott. “Mecánica de Fluidos”. México. México D.F.
PEARSON.2006

[14] “Catálogo SOLDECA, Ventiladores centrífugos y extractores en línea
para ductos de ventilación”. México. Internet:
[http://www.sodeca.com/upload/imgCatalogos/ES/CT11_Cataleg_60Hz_2017_ES.
pdf7_ES.pdf](http://www.sodeca.com/upload/imgCatalogos/ES/CT11_Cataleg_60Hz_2017_ES.pdf7_ES.pdf).

[15] “Cátalago Filtros ALDAIR”. España. Internet
<http://www.filtroscartes.es/sectores/cabinas-pinturantura>.

ANEXOS

ANEXO A

		Mipa P 90 "Easy"		d 2/1000 Página 1 de 1	
Ficha técnica					
<p>Mipa P 90 "Easy" es una masilla relleno de 2 componentes especialmente fácil de lijar con adherencia sobre chapa de acero, aluminio, zinc y plástico reforzado por fibra de vidrio. Para cerrar poros que existan posiblemente se puede aplicar otra capa con Mipa P 85 o Mipa P60S masilla poliéster en spray PE. La superficie de alisar se puede sellar con Mipa 4+1 Acryfiller (aparejo acrílico) o Mipa EP-Grundierfiller. Mipa P 90 "Easy" se puede lijar después de 24 horas también con gran desgaste.</p>					
Color	gris				
Ratio de mezcla	100 : 2				
Catalizador	Mipa Catalizador P				
Diluyente					
Viscosidad de aplicación 20° C					
Aplicación	presión pulverización	paso pulverización	manos		
Aire / Flujo – pistola					
Airless / Airmix					
Vida mezcla	4 - 5 min.				
Grosor capa / película seca					
Tiempo evaporación					
Secado	tiempo repintado	libre de polvo	seco al tacto	secado completo	
Temp. Objetiva 20° C	Lijable después de approx. 20 Min.				
Temp. Objetiva 60° C	Lijable después de approx. 5 - 10 Min.				
<p>Condiciones de tratamiento: Sobre +10 °C y hasta el 80 % de humedad relativa del aire como máximo.</p> <p>Observaciones: El sustrato debe ser limpiado, secado y libre de grasa. Lijar primero la superficie! Suprimir las viejas capas de pintura o imprimación que no estén asentadas. No usar en trabajos de pintura termoplástica o con imprimación que contenga ácidos. Mezclar bien el Mipa P 90 "Easy" con el Catalizador P.</p>					
Marca	VbF	materiales de naturaleza nociva			
Mipa P 90 "Easy"	n/a	Inflamable			
Mipa Härter P	n/a	Irritante, altamente inflamable, contiene peróxido de benzoyl			
<p><small>Esta ficha de datos sólo es con propósito informativo. Para nuestro conocimiento los datos cumplen con los últimos estándares y está basada en años de experiencia en la fabricación de nuestros productos. De todos modos, los datos no son ligantes y sin garantías.</small></p>					

ANEXO B

		<h2>Mipa P 35 Elastic</h2> <p>Ficha técnica</p>			d 1/0204 Página 1 de 1
<p>Mipa P 35 Elastic es una masilla elástica de contornos para la aplicación sobre piezas de plástico que pueden ser pintadas. Muy buena adherencia, alta elasticidad, corto tiempo de secado y fácilmente lijable.</p>					
Color	gris oscuro (aprox. RAL 7024)				
Ratio de mezcla	100 : 2				
Catalizador	Mipa Catalizador P				
Diluyente					
Viscosidad de aplicación 20° C					
Aplicación	presión de pulverización	paso pulverización	manos		
Aire / Flujo – pistola					
Airless / Airmix					
Vida mezcla	4 - 5 min.				
Grosor capa / película seca					
Tiempo evaporación					
Secado	tiempo repintado	libre de polvo	seco al tacto	secado completo	
Temp. Objetiva 20° C	Lijable después de unos 20 - 30 min.				
<p>Observaciones:</p> <p>El sustrato debe ser limpiado, seco y libre de grasa. Lijar primero la superficie! Suprimir las viejas capas de pintura o imprimación que no esté asentadas. No usar en trabajos de pintura termoplástica o con imprimación que contenga ácidos. Mezclar bien el Mipa P 35 Elastic y el catalizador P. No aplicar bajo una temperatura objetiva de 10°C.</p>					
Marca Mipa P 35 Elastic Mipa Härter P	VbF n/a n/a	materiales de naturaleza nociva inflamable, Xn dañino, contiene estiroil Xi Irritante, altamente inflamable, contiene peróxido de benzoyl			
<p><small>Esta ficha de datos sólo es con propósito informativo. Para nuestro conocimiento los datos cumplen con los últimos estándares y está basada en años de experiencia en la fabricación de nuestros productos. De todos modos, los datos no son ligantes y sin garantías.</small></p>					

ANEXO C

 Mipa 2K-HS-Klarlack CS 90		esp 2/0512 pag. 1 / 1		
Información del Producto				
<p>Mipa 2K HS CS 90 es un barniz acrílico de altos sólidos con alta resistencia a los arañazos. Basada en la nanotecnología, este producto proporciona una excelente protección ante los finos micro-arañazos y las sustancias químicas. Por esta virtud es un barniz muy recomendado.</p> <p>Su utilización es amplia, tanto en piezas como en pintado completo; motos, coches y otros vehículos. El barniz CS90 es ideal para su uso en sistemas bicapa de base agua y también de base disolvente. Este producto permite la utilización de catalizadores H8 y M8 cumpliendo con la regulación V.O.C. Consumo: 6 - 8 m² / l.</p>				
Color :	Transparente			
Mezcla	2:1 en volumen con catalizadores M8-10 M825 M840 / H8 (piezas) 3:1 en volumen con catalizadores H8-10 H825 H835 / H85 (piezas)			
Catalizadores	2K M8-10, M8 25 ó M8 40 2K-H8-10, H8 25 ó H8 35 2K-H5 (únicamente para pequeñas reparaciones)			
Dilución	Con los HS se recomienda añadir 2K-Verdünnung entre un 5 - 10 % Con los MS el producto no va provisto de disolvente.			
Viscosidad 20°C	18 - 20 s 4 mm DIN			
Aplicación	Presión	Pico	Nº Manos	
Aire / Flujo - Pistola	2 - 2.5 bar	1.2 - 1.4 mm	1 - 2	
HVLP	2 - 2.5 bar (presión en pico 0.7 bar)	1.2 - 1.4 mm	1 - 2	
Vida de la mezcla	1 - 6 h			
Grosor de capa / Película seca	40 - 50 µm			
Tiempo entre manos / Flash off	5 - 10 min entre las dos manos pulverizadas.			
Secado	Repintable	Seco al Polvo	Seco al Tacto	Montaje
	Object temp. 20°C Object temp. 60°C	25 - 30 min. 5 min.	6 - 8 h 30 min.	24 h 1 h
VOC contenido	EU valor límite de la categoría de este producto (cat. B1e): 840 g/l Listo al uso, este producto contiene max. 500 g/l VOC [4.17 lbs/gal]			
<p>Recomendaciones: Condiciones del proceso: desde + 10 °C y hasta un 75% de humedad relativa. BEn la base bicapa BC se aplica como una mano de anclaje y pasados 3-5min 1-2 manos bañadas de manera normal. Este producto es posible almacenarlo al menos 3 años en envases originalmente cerrados.</p>				
<p><small>Esta ficha de datos sólo es con propósito informativo. Para nuestro conocimiento los datos cumplen con los últimos standards y está basada en años de experiencia en la fabricación de nuestros productos. De todos modos, los datos no son ligeros y sin garantías.</small></p>				

ANEXO D

		Mipa 2K-HS-Klarlack CC 4		es 1/0107 Pág. 1 / 1	
Información del Producto					
Mipa 2K-HS-Klarlack CC 4 es un barniz acrílico de alto contenido en sólidos que cumple con la legislación VOC. Recomendado para la protección total o parcial de todo tipo de vehículos. Posee un alto nivel de brillo y una viscosidad muy baja, lo que permite que sea de fácil aplicación. Es adecuado para bases al agua WBC y disolvente BC. Mipa 2K-HS-Klarlack CC 4 posee una excelente durabilidad frente a los cambios climáticos y químicos. Con un secado forzado se logra una buena protección para la mayoría de las pinturas neon (fluorescentes). Consumo: 10 - 12 m ² / l.					
Color	Transparente				
Ratio de Mezcla	2:1 por volumen				
Catalizador	coche completo: Mipa 2K-HS 25 pequeña reparación: Mipa 2K-HS 10				
Diluyente	10 - 15 % Mipa 2K-Verdünnung				
Viscosidad de aplicación	20 - 22 seg. en copa 4 mm DIN (a 20°C)				
Aplicación	Presión de Aplicación	Boquilla	Nº manos		
HVLP	2,5-3 bar (presión en boquilla: 0,7 bar)	1,3 - 1,4 mm	½ mano + 1 mano cargada		
Aire / Flujo	3 - 5 bar	1,3 - 1,5 mm	½ mano + 1 mano cargada		
Vida mezcla (20 °C)	2:30 horas con el catalizador Mipa 2K-HS 25 1:00 hora con el catalizador Mipa 2K-HS-HS 10				
Grosor capa / película seca	50 - 60 µm				
Tiempo evaporación	5 - 10 minutos entre manos.				
Secado	T. de repintado	T. libre de polvo	T. seco al tacto	T. secado completo	
Temp. Objetiva 20° C	30 min.		12 h	24 h	
Temp. Objetiva 60° C	5 min.		30 min.	2 h	
VOC (g/l) :	Valor limitado por la EC (cat. B/d): 420 g/l (2007) Este producto contiene un valor máximo de 413 g/l VOC				
Recomendaciones: Condiciones del Proceso: a partir de +10 °C y hasta un 75% de humedad relativa en el aire. Almacenaje: al menos 3 años, si se conserva inalterado su envase original.					
Marca	VbF	materiales de naturaleza nociva			
Mipa 2K-HS-Klarlack CC 4	n/a	inflamable			
<small>Esta ficha de datos sólo es con propósito informativo. Para nuestro conocimiento los datos cumplen con los últimos estándares y están basados en años de experiencia en la fabricación de nuestros productos. De todos modos, los datos no son ligantes y sin garantías.</small>					

MIPA AG · D-84051 Essenbach · Tel. 087039220 · Telefax 08703922100

ANEXO E

		Mipa 2K-HS-Filler F41		d 3/0304
		Ficha técnica		Página 1 de 1
<p>Filler lijable en calidad Altos Sólidos. Libre de cromato, alta estabilidad, excelente relleno, fácil de lijar, fácil estiramiento. Reune las prescripciones VOC en Europa y Estados Unidos (VOC < 420 g/l).</p> <p>Consumo: 8 - 10 m²/litro (por 60 - 80 µm de capa de grosor)</p>				
Colores	gris claro (aprox. RAL 7035), gris oscuro (aprox. RAL 7011)			
Ratio de mezcla	4:1 por volumen			
Catalizador	Mipa 2K -Catalizador H5			
Diluyente	Mipa 2K-Diluyente, añadiendo aprox. 0 - 5%			
Viscosidad de aplicación 20° C	16 - 18 s 4 mm DIN			
Aplicación	presión de pulverización [bar]	paso pulverización [mm]	manos	
Aire / Flujo -pistola	3 - 4	1,5 - 1,8	2 - 4	
HVLP	2,5 - 3	1,6 -1,9	2 - 4	
Vida mezcla	2 - 3 h			
Grosor capa / película seca	60 - 250 µm (= 2 - 4 manos)			
Tiempo evaporación	10 Min. antes de forzar el secado en cabina			
Secado	re pintable tras:			
Temp. Objetiva 20° C	4 - 6 h (dependiendo de la capa de grosor)			
Temp. Objetiva 60° C	30 min.			
<p>Observaciones: Condiciones del proceso: Desde +10 °C y hasta el 75 % de humedad relativa del aire. Pre-Imprimir con Mipa Rapidprimer para una óptima protección anticorrosiva. Almacenaje: en el cerrado embalaje original por lo menos 3 años almacenable</p>				
Marca	VbF	materiales de naturaleza nociva		
Mipa 2K-HS-Filler F41	n/a	Inflamable		
<p><small>Esta ficha de datos sólo es con propósito informativo. Para nuestro conocimiento los datos cumplen con los últimos estándares y está basada en años de experiencia en la fabricación de nuestros productos. De todos modos, los datos no son ligantes y sin garantías.</small></p>				

ANEXO F

	Mipa Spray Acrylfiller 2 Componentes Información del Producto	D - 1/0103
Art.Nr.: 21371 0000		
Mipa 2K-Acrylfiller Spray es un aparato de altos sólidos con excelente flujo de salida, buen relleno y buen lijado. Especialmente usado para pequeñas reparaciones, de rápido secado y repintable con cualquier sistema de pintura.		
	Substratos Sobre pintura vieja y para utilizar sobre metal es necesario que esté imprimado con cualquier imprimación adecuada al sustrato. (ej. con Mipa Spray Rapidprimer o Mipa Spray Rapidfiller) No es apropiado para superficies termoplásticas.	Pretratamiento / Limpieza: Desengrasar con Mipa Silikonentferner
Proceso Proceso de Pintado	 For favor, leer las instrucciones de empleo!	
Color / Grado de Brilló	Gris claro	
Características	Aplicar en manos finas dejando evaporar entre manos. Fácil de lijar. Óptimo flujo de salida para el acabado final. Repintable con pintura bicapa base disolvente, pintura base agua, pinturas 1k y 2k Seguro y limpio a la hora de catalizar. Muy resistente a los agentes mecánicos, químicos y a carburantes.	
Condiciones del Proceso	Desde +10°C y hasta 80% de la humedad relativa del aire. Si el 2K Acrylfiller no es repintado antes de 24 horas, entonces es necesario lijado para abrir bien el poro.	
Tiempos de Secado: Entre Manos Repintable Secado Secado con Infrarrojos Vida de la mezcla	 5 min. entre manos tras aprox. 20 - 30 min. repintable húmedo sobre húmedo lijable tras 3-5 horas a 20° C ó también es posible 30 min. a 60 °C. posible 8 h	
Instrucciones de uso:	Antes de la aplicación, desengrasar cuidadosamente la superficie con Mipa Silikonentferner / Remover. Antes de aplicar, coger la boquilla roja de la tapa del spray y ajustarlo a la ranura en la base del spray. Apretar la boquilla roja con la palma de la mano hasta que se alcance un tope. Agitar el spray vigorosamente durante 2 minutos. Realizar una prueba. Distancia de aplicación 25cm aprox. Aplicar de 2 to 4 manos con el spray con unos 5 minutos de espera entre manos hasta conseguir aprox. 50 - 60 µm grosor de la capa. Vida de la mezcla: aprox. 8 h.	
Información:	Sólo utilizar en áreas bien ventiladas. Mantener alejado de fuentes de ignición, no fumar, comer ó beber. Mantener alejado del alcance de los niños. ¡Cuidado! Envase presurizado. Proteger de la luz del sol y no exponer a temperaturas que excedan 50°C. Sólo para uso profesional. ¡Cuidado! Disponer sólo en relación con las regulaciones medioambientales.	
MIPA AG - Am Obere Moos 1 - D-64051 Esenbach - Tel: +49 (0) 8703 / 922-0 - Fax: +49 (0) 8703 / 922-100 E-Mail: mipa@mipa-paints.com - www.mipa-paints.com		

ANEXO G

Sistema de Pulido y Abrillantado Sistema Perfect-It Premium



Compuestos pulidores 100% base agua para pulir carros profesionalmente. El mejor sistema de pulido de 3M, combina las mejores tecnologías de lijado TriZact ayudando a consumir menos material para el acabado de pintura lo que permite un menor tiempo de trabajo. Ayuda a obtener un acabado de pintura brillante y no contiene rellenos ni sílicas.

No. de Parte	Descripción	Presentación	
Paso 1	39060	Pulimento Premium Perfect-It Pulidor que puede ser utilizado con máquina pulidora y/o manualmente. No genera polvo cuando se utiliza el pulidor con máquina. Posee una capa fosforada que no permite el desperdicio del producto. Se lo utiliza con la Nota de Lana Doble Cara PMS753.	500ml
	6065		Litro
	6085		Galón
Paso 2	39061	Abrillantador Premium Perfect-It Abrillantador rápido y efectivo que elimina las marcas de pulido del Paso 1, dejando un acabado excepcional. Se lo utiliza con la Esponja Doble Cara Negra PMS707.	500ml
	6064		Litro
	6065		Galón
Paso 3	39062	Abrillantador Ultrafino Premium Perfect-It Produce un acabado libre de marcas, incluso en los vehículos negros. Elimina de forma rápida y efectiva las marcas circulares producidas por las máquinas abrillantadoras, dejando un acabado excelente. Se lo utiliza con la Esponja Doble Cara Celeste PMS708.	500ml
	6068		Litro
	6069		Galón
6084	Limpio y Brilloso Perfect-It Limpia residuos del Pulimento y Abrillantador Premium Perfect-It dejando un brillo excepcional. No contiene sílica.	Litro	



Máquina Pulidora

No. de Parte	Descripción	Presentación
28391	De construcción sólida y ligera que permite un mejor desempeño al pulir y abrillantar brindando un acabado excelente en la superficie de los automóviles. <small>*Motor de 11 aspas produce un 31.2% de más potencia que cualquier otro motor. *Revoluciones entre 1800 a 3000 rpm.</small>	Unidad





Manual de procedimientos sistema Perfect-it™

Algunas recomendaciones para tener en cuenta:

1. En el caso de ser necesario el proceso de lijado, guíese por la "tabla de selección de abrasivos", para asegurarse de utilizar el adecuado, dependiendo del estado de la pintura.

El Piel de manija excesivo, inicia con Tritacut P-1000. Piel de resaca leve, inicie con Tritacut P-1500.

2. Para eliminar los residuos del producto en cada paso del proceso, se sugiere utilizar un Piel para Abrasivos Perfect-it abrasivo, es decir, uno para pelear, otro para el eliminador de marcas circulares y otro para el acabado final.

3. Los discos Tritacut de 3M requieren de poca cantidad de agua, por esto, es recomendable contar con un abanico. El exceso de agua disminuye el desempeño de los discos.

4. Después del uso de las Metasy Esponjas en cada paso, recuadre cuántas en trabajos sencillos para evitar su contaminación con el polvo u otros residuos. Esto ayudará a mantener su vida útil y lograr mejores resultados en el acabado final al realizar una operación más limpia.

5. Para eliminar los excesos de producto que pueden quedar en el vehículo, recuadre que se puedan eliminar utilizando agua (toda la línea de compuestos) los lados de 3M's a base de agua).

Procedimientos Características de la Pintura	Líquido	Polimento	Eliminación de Marcas Circulares	Eliminación de Imperfecciones (Manchas, Contaminantes, Insectos y Pinchazos)
Piel de resaca excesiva y mancha de color	No aplica	No aplica	No aplica	Metasy Esponja Piel de resaca Metasy Esponja Piel de resaca
Manchas circulares (p.ej. preservado de UV)	No aplica	No aplica	No aplica	Metasy Esponja Piel de resaca Metasy Esponja Piel de resaca
Resaca excesiva, luego, manchas blancas	No aplica	No aplica	Metasy Esponja Piel de resaca Metasy Esponja Piel de resaca	Metasy Esponja Piel de resaca Metasy Esponja Piel de resaca
Piel de resaca, granos de polvo, microcontaminación por arena, polvo, arena y suciedad de la pintura	Metasy Esponja Piel de resaca Metasy Esponja Piel de resaca	Metasy Esponja Piel de resaca Metasy Esponja Piel de resaca	Metasy Esponja Piel de resaca Metasy Esponja Piel de resaca	Metasy Esponja Piel de resaca Metasy Esponja Piel de resaca
Resaca de pintura y manchas muy oscuras	Metasy Esponja Piel de resaca Metasy Esponja Piel de resaca	Metasy Esponja Piel de resaca Metasy Esponja Piel de resaca	Metasy Esponja Piel de resaca Metasy Esponja Piel de resaca	Metasy Esponja Piel de resaca Metasy Esponja Piel de resaca

Tabla de selección de abrasivos

Para seleccionar el grado de abrasivo usar cuando se presenta la abrasión la pintura, debe tener en cuenta la velocidad (aproximadamente 3000 rpm) usada con el sistema de manija y el tipo de producto que se va a utilizar.

Grado P1000
Eficacia en la abrasión:
- Manchas de pintura oscura
- Manchas de pintura blanca
- Manchas de pintura amarilla
- Manchas de pintura roja
- Manchas de pintura azul
- Manchas de pintura verde
- Manchas de pintura negra

Grado P1200
Eficacia en la abrasión:
- Manchas de pintura oscura
- Manchas de pintura blanca
- Manchas de pintura amarilla
- Manchas de pintura roja
- Manchas de pintura azul
- Manchas de pintura verde
- Manchas de pintura negra

Grado P1500
Eficacia en la abrasión:
- Manchas de pintura oscura
- Manchas de pintura blanca
- Manchas de pintura amarilla
- Manchas de pintura roja
- Manchas de pintura azul
- Manchas de pintura verde
- Manchas de pintura negra

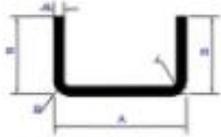
Grado P3000
Eficacia en la abrasión:
- Manchas de pintura oscura
- Manchas de pintura blanca
- Manchas de pintura amarilla
- Manchas de pintura roja
- Manchas de pintura azul
- Manchas de pintura verde
- Manchas de pintura negra



ANEXO H

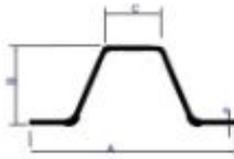
Perfiles DIPAC

PERFIL "U" DE ALAS IGUALES



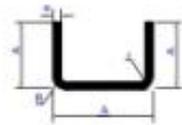
PERFIL U LADOS IGUALES		
A x B	ESPESOR	PESO
mm x mm	mm	kg/m
40 x 18	2.75	1.84
50 x 23	3.00	2.10
50 x 28	3.20	2.79
60 x 28	3.00	2.10
80 x 50	5.00	6.38
100 x 50	4.20	6.61

PERFIL OMEGA



PERFIL OMEGA		
MEDIDAS	ESPESOR	PESO
mm	mm	kg/m
52 x 23	2.25	1.27
79 x 40	1.10	1.38
79 x 40	1.40	1.80

PERFIL PISAVIDRIO



PERFIL PISAVIDRIOS		
A x A	ESPESOR	PESO
mm (")	mm	kg/m
3/8	0.80	0.18
3/8	1.10	0.24
1/2	0.80	0.25
1/2	1.10	0.28

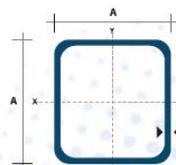
TUBO ESTRUCTURAL CUADRADO



Especificaciones Generales

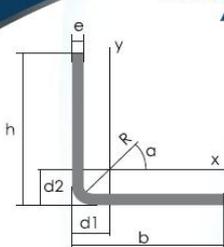
Calidad: ASTM A-500
Recubrimiento: Negro o Galvanizado
Largo Normal: 6.00 m
Otros Largos: Previa Consulta
Dimensiones: Desde 20.00 mm a 100.00 mm
Espesor: Desde 1.20 mm a 5.00 mm

TUBERÍA



Dimensiones			Área		Ejes X-Xe Y-Y		
A mm	Espesor mm (e)	Peso Kg/m	Área cm ²	I cm ⁴	W cm ³	I cm ³	
20	1.2	0.72	0.90	0.53	0.53	0.77	
20	1.5	0.88	1.05	0.58	0.58	0.74	
20	2.0	1.15	1.34	0.69	0.69	0.72	
25	1.2	0.90	1.14	1.08	0.87	0.97	
25	1.5	1.12	1.35	1.21	0.97	0.95	
25	2.0	1.47	1.74	1.48	1.18	0.92	
30	1.2	1.09	1.38	1.91	1.28	1.18	
30	1.5	1.35	1.65	2.19	1.46	1.15	
30	2.0	1.78	2.14	2.71	1.81	1.13	
40	1.2	1.47	1.80	4.38	2.19	1.25	
40	1.5	1.82	2.25	5.48	2.74	1.56	
40	2.0	2.41	2.94	6.93	3.46	1.54	
40	3.0	3.54	4.44	10.20	5.10	1.52	
50	1.5	2.29	2.85	11.06	4.42	1.97	
50	2.0	3.03	3.74	14.13	5.65	1.94	
50	3.0	4.48	5.61	21.20	4.48	1.91	

PERFILES ESTRUCTURALES ANGULOS "L" DOBLADO



Especificaciones Generales

Otras calidades: Previa consulta

Largo normal: 6,0m

Otros largos: Previa consulta

Espesores: Desde 1,5mm hasta 12,0mm

Acabado: Natural

Otro acabado: Previa consulta

Descripción	b	h	e	Masa Kg/m	Área cm ²	d1 cm	d2 cm	Angulo α (°)	Eje X-X			Eje Y-Y			Eje U-U			Eje V-V		
									k	Wx	rx	ly	Wy	ry	Iu	Wu	ru	Iv	Wv	rv
									cm ⁴	cm ³	cm									
L 20x 2	20	20	2	0,57	0,73	0,60	0,60	45,00	0,28	0,20	0,62	0,28	0,20	0,62	0,46	0,32	0,79	0,10	0,14	0,37
L 20 x 3	20	20	3	0,81	1,03	0,65	0,65	45,00	0,38	0,28	0,60	0,38	0,28	0,60	0,63	0,45	0,78	0,12	0,17	0,34
L 25x 2	25	25	2	0,73	0,93	0,72	0,72	45,00	0,56	0,32	0,78	0,56	0,32	0,78	0,92	0,62	1,00	0,20	0,23	0,47
L 25x 3	25	25	3	1,05	1,33	0,78	0,78	45,00	0,73	0,45	0,77	0,78	0,45	0,77	1,30	0,74	0,99	0,26	0,30	0,45
L 30 x 2	30	30	2	0,88	1,13	0,85	0,85	45,00	1,00	0,46	0,84	1,00	0,46	0,84	1,63	0,77	1,20	0,37	0,35	0,57
L 30x 3	30	30	3	1,28	1,63	0,90	0,90	45,00	1,40	0,67	0,93	1,40	0,67	0,93	2,32	1,09	1,19	0,49	0,46	0,55
L 30x 4	30	30	4	1,65	2,10	0,95	0,95	45,00	1,76	0,86	0,91	1,76	0,86	0,91	2,93	1,38	1,18	0,58	0,55	0,52
L 40x 2	40	40	2	1,20	1,33	1,10	1,10	45,00	2,44	0,84	1,26	2,44	0,84	1,26	3,96	1,40	1,61	0,82	0,85	0,78
L 40x 3	40	40	3	1,75	2,23	1,15	1,15	45,00	3,49	1,22	1,25	3,49	1,22	1,25	5,71	2,02	1,60	1,27	0,90	0,75
L 40x 4	40	40	4	2,28	2,90	1,20	1,20	45,00	4,44	1,59	1,24	4,44	1,59	1,24	7,23	2,59	1,59	1,55	1,10	0,73
L 40x 5	40	40	5	2,77	3,54	1,25	1,25	45,00	5,29	1,92	1,22	5,29	1,92	1,22	8,80	3,11	1,58	1,77	1,25	0,71
L 50x 2	50	50	2	1,51	1,93	1,35	1,35	45,00	4,85	1,33	1,59	4,85	1,33	1,59	7,85	2,22	2,02	1,86	1,05	0,88
L 50x 3	50	50	3	2,22	2,83	1,40	1,40	45,00	7,01	1,95	1,57	7,01	1,95	1,57	11,42	3,23	2,01	2,61	1,47	0,96
L 50x 4	50	50	4	2,90	3,70	1,45	1,45	45,00	9,01	2,54	1,56	9,01	2,54	1,56	14,76	4,16	2,00	3,25	1,84	0,94
L 50x 5	50	50	5	3,56	4,54	1,50	1,50	45,00	10,84	3,10	1,55	10,84	3,10	1,55	17,89	5,06	1,99	3,79	2,14	0,91

ANEXO J

Propiedades de aislantes térmicos

Tabla 3: Densidad y conductividad térmica de materiales aislantes

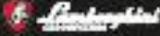
Material	Densidad (kg / m ³)	Conductividad Térmica (W / m °C)
Poliestireno expandido	14,5	0,0036
Poliestireno expandido	19,7	0,33
Poliestireno expandido	24,7	0,32
Lana de vidrio	25	0,036
Lana de vidrio	50	0,036
Lana de vidrio	100	0,041
Espuma de poliuretano	30	0,026
Vermiculita suelta	80-130	0,07
Perlita suelta	70	0,042
Granulado volcánico	300	0,1
Granulado volcánico	600	0,16
Granulado volcánico	800	0,21
Arena seca	1300	0,6



FUENTE: Adaptado del libro de la Red Iberoamericana de Coccción de Alimentos (RICSA)

ANEXO K

Propiedades quemador de 0,5 a 3 GPH LAMBORGHINI



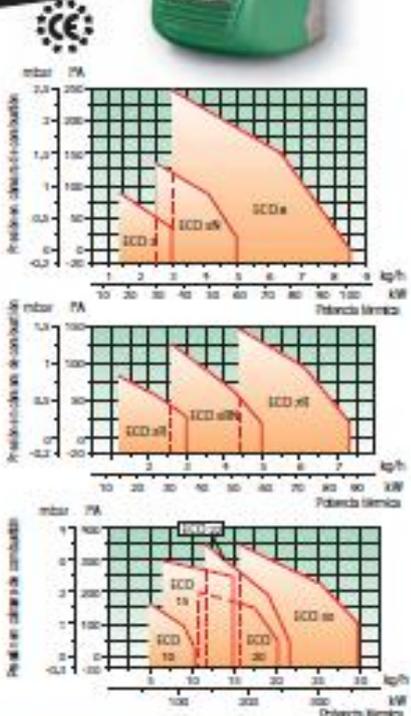
QUEMADORES DE GASÓLEO



España (+34) 961 522 525
 comercial@paraghiocas@rival.com
 Perú (+51) 074 800 252
 comercial.peru@rival@rival.com
 www.rival@rival.com

ECO

Potencias entre 14,2 ÷ 356 kW



- Quemadores una Etapa.
- Aptos para calderas de media presurización.
- Bajo nivel de emisiones.
- Regulación de la cabeza de combustión.
- Clapeta del aire con cierre por gravedad cuando se para el quemador.
- Ventilación estable.
- Óptima combustión gracias a la distribución uniforme del aire.
- Tapa protectora insonora en los modelos ECO 3R y ECO 5RN.
- Dimensiones compactas.

Instalación y mantenimiento

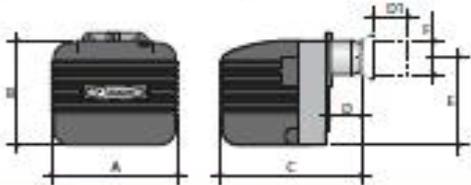
- Fácil instalación y mantenimiento gracias a la brida universal.
- Brida desplazable excepto en los modelos ECO 3R y ECO 5R.

Accesorios que se entregan con el equipo

- Filtro de línea, 2 flexibles, boquilla y llave boquilla, junta aislante caldera.

Modelos

- Quemadores ECO una Etapa.
- Quemadores ECO R una Etapa con precalentador.



Modelo Quemador	Caudal lph/h	Potencia térmica		Motor 230V - 50Hz	Medidas						
		kW	lcal/h		A mm	B mm	C mm	D mm	D1 mm	E mm	F mm
ECO 8	3÷8,5	56,8÷100,8	30.630÷36.700	100W max.	250	265	405	-	80÷120	232	88
ECO 10	5÷10,5	59,3÷124,5	51.000÷107.100	100W max.	250	265	423	-	80÷125	232	114
ECO 15	7÷14,8	83÷175,5	71.400÷150.900	165W max.	275	340	550	-	80÷150	274	114
ECO 20	11÷21	126÷249	112.000÷214.000	165W max.	275	340	535	-	80÷135	274	114
ECO 22	11,5÷22	130,4÷261	117.500÷234.400	250W max.	320	350	576	-	80÷200	275	120
ECO 30	16÷30	190÷392	163.000÷336.000	370W max.	420	425	770	-	75÷320	350	135
ECO 3R*	1,2÷3	14,2÷35,6	12.200÷30.600	100W max.	250	215	320	90	-	100	80
ECO 5R*	2,6÷5	30,8÷79,3	28.500÷51.000	100W max.	260	247	342	90	-	105	80
ECO 7R*	4,4÷7,5	52,3÷80,6	44.500÷74.500	100W max.	260	247	410	-	40÷140	105	90

* Modelos con precalentador

ANEXO L



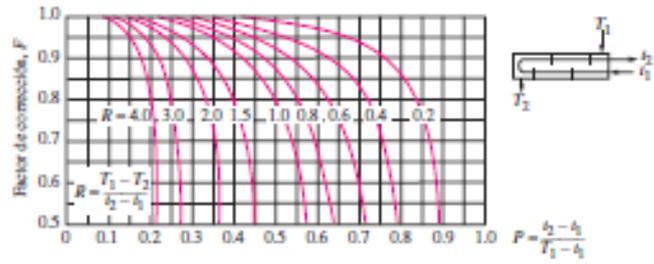
Cálculo y Diseño de Sistemas de Ventilación

RENOVACIONES DE LOS LOCALES EN GENERAL

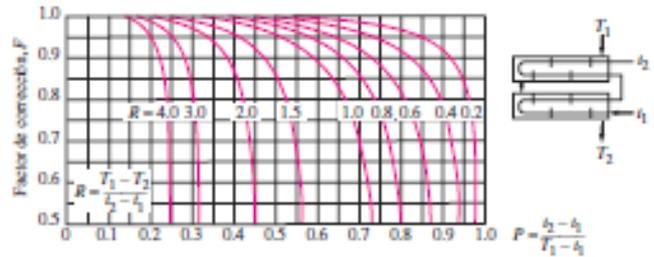
Número de renovaciones/hora, aconsejadas en función del tipo de local (Norma DIN 1946)

Tipo de Local	Renov / h
Armarios roperos	4-6
Lavanderías	10-20
Auditorios	6-8
Locales acumuladores	5-10
Aulas	5-7
Locales de aerografía	10-20
Bibliotecas	4-5
Locales de decapado	5-15
Cabinas de pintura	25-50
Oficinas	4-8
Cámaras blindadas	3-6
Piscinas	3-4
Cines, Teatros	5-8
Remojos	0-80
Cocinas domésticas	15-25
Restaurantes - Casinos	8-12
Cocinas colectividades	15-30
Salas de conferencia	6-8
Cuartos de baño	5-7
Salas de espera	4-6
Despachos de reuniones	6-8
Salas de fotocopia	10-15
Duchas	12-25
Salas de máquinas	10-40
Fundiciones	8-15
Salas de reuniones	5-10
Garajes	6
Talleres (mucho alteración)	10-20
Gimnasios	4-6

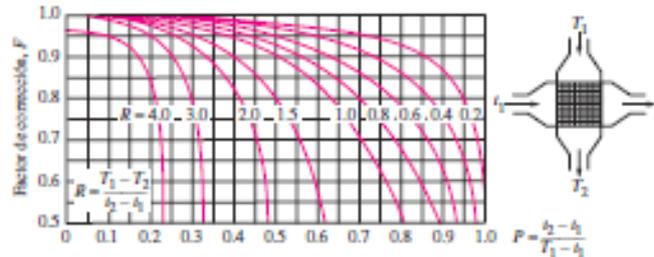
ANEXO M



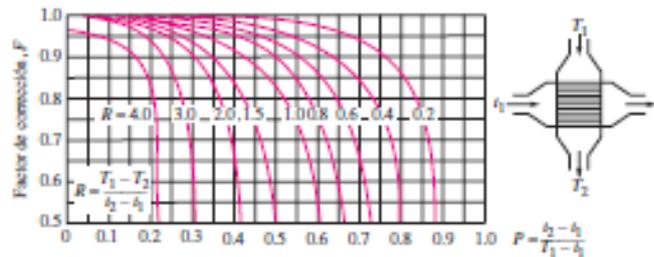
a) Un paso por la coraza y 2, 4, 6, etc. (cualquier múltiplo de 2) pasadas por los tubos



b) Dos pasadas por la coraza y 4, 8, 12, etc. (cualquier múltiplo de 4) pasadas por los tubos



c) Flujo cruzado de un solo paso con los dos fluidos de flujo no mezclado



d) Flujo cruzado de un solo paso con uno de los fluidos de flujo mezclado y el otro no mezclado

FIGURA 11-18
 Diagramas del factor de corrección F para intercambiadores de calor comunes de tubos y coraza de flujo cruzado.
 (Tomada de Bowman, Mueller y Nagle, 1940.)

ANEXO N

CAM



Ventiladores centrifugos de alta presión y simple aspiración con envolvente en chapa de acero y turbina en fundición de aluminio



Ventilador:

- Envolvente en chapa de acero
- Turbina en fundición de aluminio y en chapa de acero los modelos 752 y 880

Motor:

- Motores eficiencia IE-2, excepto potencias inferiores a 0,75 kw monofásico y 2 velocidades
- Motores clase F, con rodamientos a bolas, protección IP55
- Trifásicos 230/400V-50Hz (hasta 5,5CV) y 400/690V-50Hz (potencias superiores a 5,5CV)
- Temperatura máxima del aire a transportar: -20°C + 120°C

Acabado:

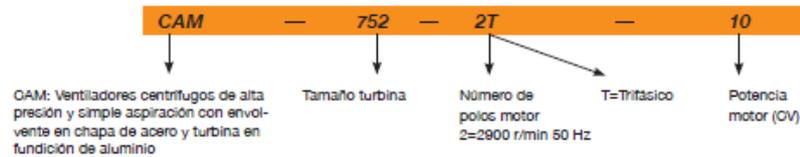
- Anticorrosivo en resina de poliéster, polimerizada a 180°C, previo desengrase alcalino y pretratamiento libre de fosfatos

Bajo demanda:

- Bobinados especiales para diferentes tensiones
- Ventilador preparado para transportar aire hasta 250°C
- Ventilador en acero inoxidable
- Certificación ATEX Categoría 2

Túrbinas de aluminio de alto rendimiento

Código de pedido



Características técnicas

Modelo	Velocidad (r/min)	Intensidad máxima admisible (A)			Potencia instalada (kW)	Caudal máximo (m³/h)	Nivel presión sonora dB(A)	Peso aprox. (Kg)
		230V	400V	690V				
CAM-540-2T	2770	5,44	3,13		1,50	2430	85	38
CAM-545-2T-3	2885	7,77	4,47		2,20	2300	86	54
CAM-545-2T-4	2900	10,18	5,88		3,00	3610	88	64
CAM-550-2T-5,5	2870	13,60	7,82		4,00	2800	90	113
CAM-550-2T-7,5	2880		10,50	6,09	5,50	5000	91	129
CAM-752-2T-7,5	2880		10,50	6,09	5,50	2950	93	138
CAM-752-2T-10	2870		14,50	8,41	7,50	5000	94	143
CAM-780-2T-10	2870		14,50	8,41	7,50	2900	95	168
CAM-780-2T-15	2940		20,30	11,70	11,00	5000	97	196
CAM-780-2T-15/E	2940		20,30	11,70	11,00	6380	98	194
CAM-880-2T-40	2940		50,00	29,00	30,00	10000	99	390



Erp. Características del punto de máxima eficiencia (BEP)

Modelo	MC	EC	VSD	SR	ηe[%]	N	(kW)	(m³/h)	(mmH₂O)	(RPM)	
											Categoría de medición
CAM-540-2T	A	S	NO	1,02	55,1%	64,0	1,413	1243	229,96	2825	
CAM-545-2T-3	A	S	NO	1,04	64,8%	71,7	2,205	1471	356,21	2903	
CAM-545-2T-4	A	S	NO	1,04	58,8%	65,8	2,700	1676	353,53	2924	
CAM-550-2T-5,5	A	S	NO	1,04	60,2%	64,3	4,087	2802	322,32	2886	
CAM-550-2T-7,5	A	S	NO	1,04	60,1%	64,3	4,021	2394	370,74	2924	
CAM-752-2T-7,5	A	S	NO	1,05	62,3%	64,4	6,304	2847	506,27	2880	
CAM-752-2T-10	A	S	NO	1,05	62,6%	64,4	6,745	3064	505,92	2897	

ANEXO O

GAMA COMPLETA DE FILTROS PARA CABINAS DE PINTURA

Las cabinas de pintura precisan grandes cantidades de aire por motivos de fiabilidad operacional y salud para evitar, por una parte, que el pintado sea dañado por contaminantes, y por otra, que los residuos del proceso no afecten a las personas ni contaminen el medio ambiente.

MANTAS FILTRANTES PARA LA ADMISIÓN DE AIRE EN CABINAS DE PINTURA FILTROS PARA LA RETENCIÓN DE PARTÍCULAS DE POLVO Y FIBRAS EN EL AIRE DE APOORTE EN CABINAS DE PINTURA		
<p>PREFILTROS: MANTAS FILTRANTES ALDAIR MFCIG3, MFCIG4 (FILTRACIÓN GRUASA) + FILTROS DE MARCO DE CARTÓN Y METÁLICO (de superficie plana o quebrada) + FILTROS DE BOLSA</p>	<p>MANTAS FILTRANTES G3 Y G4: MEDIO FILTRANTE IGNÍFUGO CEN-EN 779 M1/F1 NF F16101 MEDIDAS: ROLLOS 1x20 Y 2x20</p> <p>Las mantas filtrantes Aldair Industrial Filtration son apropiadas para la prefiltración del aire de entrada en las cabinas de pintura. Gracias a su gran capacidad de acumulación de polvo y a su larga duración, la serie MFCI es una opción particularmente económica y especialmente indicada en aplicaciones en las que, como en las cabinas de pintura, se requiera un alto grado de separación, aunque las concentraciones de polvo y los caudales de aire sean altos.</p>	<p>PREFILTROS</p> 
<p>FILTROS FINOS: MANTA FILTRANTE ALDAIR MFCAF5 (FILTRACIÓN FINA)</p>	<p>MANTA FILTRANTE F5 MEDIO FILTRANTE AUTOEXTINGUIBLE CEN-EN 779 F1 DIN 53438 MEDIDAS: ROLLOS 1x20 Y 2x20 (*y corte a medida)</p> <p>La manta filtrante de techo es crucial para una fiable calidad en la producción de los procesos de pintura. Los modelos MFCAF5 de Aldair Industrial Filtration aseguran un grado de separación prácticamente del 100% de las partículas mayores de 10 micras, que podrían causar defectos apreciables a simple vista en las superficies pintadas. Para asegurar la retención permanente de las partículas ya filtradas, cada fibra de estas mantas está dotada de una acción adhesiva de larga duración y resistente a la influencia de la temperatura, que garantiza la óptima capacidad de las mismas.</p>	<p>FILTROS DE TECHO</p> 

GAMA COMPLETA DE FILTROS PARA CABINAS DE PINTURA

MANTAS FILTRANTES PARA LA SALIDA DE AIRE EN CABINAS DE PINTURA		
FILTROS PARA RETENCIÓN DE PIGMENTOS EN SALIDA DE AIRE, EN CABINAS DE PINTURA		
<p>MANTA FILTRANTE DE FIBRA DE VIDRIO</p>	<p>Las mantas de fibra de vidrio sirven ante todo para la retención de la nebulización de pintura que se produce en las cabinas de pintado a pistola y en los sistemas de barnizado, así como para filtrar partículas gruesas de polvo en las instalaciones de ventilación y secado.</p>	
<p>FILTRO DE CARTÓN PLEGADO Y PERFORADO</p>	<p>Por su concepto de filtro acordeón perforado, y como consecuencia de la separación por inercia, el aire cargado de partículas cambia de dirección varias veces, depositando dichas partículas en el fondo de la ranura del cartón, a la vez que el aire sigue su movimiento.</p>	
<p>FILTRO DE PAPEL MULTICAPA, TIPO KRAFT</p>	<p>Medio filtrante de alta eficacia constituido por 8 capas de papel kraft ensambladas, que crean un sistema de captación multietapa. Es un sistema alternativo a las mantas filtrantes de fibra de vidrio.</p>	

FILTROS DE SUELO



Aldetr Industrial Filtration completa su programa de filtros para cabinas de pintura con: filtros para alta temperatura (hornos de secado), accesorios portafiltros, filtros para la línea de aire comprimido, etc.

ANEXO P

7. Niveles de Iluminación para tareas visuales y áreas de trabajo

Los niveles mínimos de iluminación que deben incidir en el plano de trabajo, para cada tipo de tarea visual o área de trabajo, son los establecidos en la Tabla 1.

Tabla 1

Niveles de Iluminación

Tarea Visual del Puesto de Trabajo	Area de Trabajo	Niveles Mínimos de Iluminación (luxes)
En exteriores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos.	Exteriores generales: patios y estacionamientos.	20
En interiores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos.	Interiores generales: almacenes de poco movimiento, pasillos, escaleras, estacionamientos cubiertos, labores en minas subterráneas, iluminación de emergencia.	50
En interiores.	Áreas de circulación y pasillos; salas de espera; salas de descanso; cuartos de almacén; plataformas; cuartos de calderas.	100
Requerimiento visual simple: inspección visual, recuento de piezas, trabajo en banco y máquina.	Servicios al personal: almacenaje rudo, recepción y despacho, casetas de vigilancia, cuartos de compresores y palieria.	200
Distinción moderada de detalles: ensamble simple, trabajo medio en banco y máquina, inspección simple, empaque y trabajos de oficina.	Talleres: áreas de empaque y ensamble, aulas y oficinas.	300
Distinción clara de detalles: maquinado y acabados delicados, ensamble de inspección moderadamente difícil, captura y procesamiento de información, manejo de instrumentos y equipo de laboratorio.	Talleres de precisión: salas de cómputo, áreas de dibujo, laboratorios.	500
Distinción fina de detalles: maquinado de precisión, ensamble e inspección de trabajos delicados, manejo de instrumentos y equipo de precisión, manejo de piezas pequeñas.	Talleres de alta precisión: de pintura y acabado de superficies y laboratorios de control de calidad.	750
Alta exactitud en la distinción de detalles: ensamble, proceso e inspección de piezas pequeñas y complejas, acabado con pulidos finos.	Proceso: ensamble e inspección de piezas complejas y acabados con pulidos finos.	1,000
Alto grado de especialización en la distinción de detalles.	Proceso de gran exactitud. Ejecución de tareas visuales: <ul style="list-style-type: none"> • de bajo contraste y tamaño muy pequeño por periodos prolongados; • exactas y muy prolongadas, y • muy especiales de extremadamente bajo contraste y pequeño tamaño. 	2,000

ANEXO Q

2DP Designer recessed 2X4

2, 3, or 4 lamp T8

Application

- Premium quality recessed air handling troffer for:
 - Grid Inverted T (NEMA "G") ceilings
 - Flange for concealed mechanical suspension (NEMA "F")
 - Screw Slot (NEMA "SS") with door frame at ceiling plane
 - Contact Philips Day-Grite for other ceiling types
- Select one of the four air handling functions:
 - Static, non-air handling
 - Heat transfer; air return through lamp compartment
 - Air supply; (or air return) through side slots, adjustable pattern control blade is optional
 - Combination; both heat transfer and air supply features listed above
- Air handling or combination models are available with optional factory installed snap-in air slot covers (ASC) or adjustable air pattern control blades (APC)
- Air boots by others

Construction/Finish

- One piece unitized body including end plates for added rigidity
- Housing is multi-stage phosphate treated for maximum corrosion resistance and finish coat is high reflectance baked white enamel
- Painted after fabrication housing optional
- Access plate (2 K.O.'s) factory installed includes grounding screw
- T-bar grid clips built into fixture end plates, no extra parts required

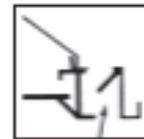
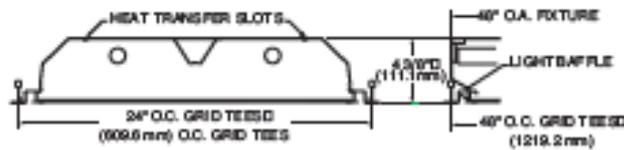
Electrical

- Class R I-PF ballasts comply with E Federal Ballast Law (Public Law 100-357, 1988)
- UL listed for damp locations, Canadian certified optional
- Self-contained fluorescent emergency power packs can be incorporated, UL listed for dry locations

Enclosure

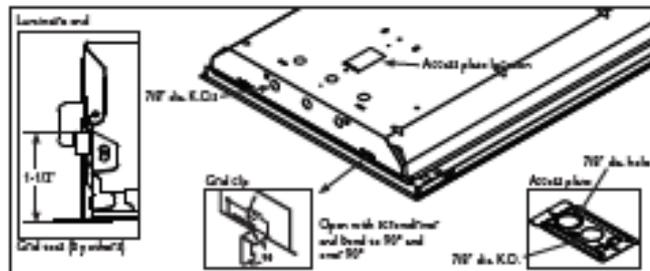
- Black reveal produces floating door appearance.
- Mitered corner door frames painted after fabrication with a choice of: Flat Steel, Flat Aluminum, or Regressed Aluminum.
- Door frames standard with guide post spring loaded latches.
- Mechanically designed interlocks block light, no gaskets are needed.
- Prismatic acrylic pattern 12 lens standard (57). Other lenses or louvers optional.
- Choice of door finishes; white (standard), or black.
- Can be hinged and latched from either side.

Dimensions



Optional Air Pattern Control (on Air and Combination Units)

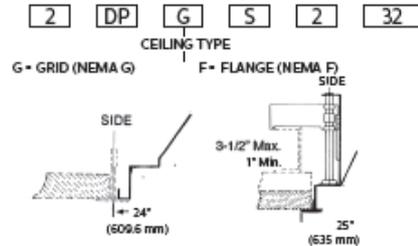
- Fully adjustable
 - Closed/Static
 - 45° Horizontal Air Supply
 - 90° (fully open)- Vertical Air Supply
- Side Slots may also be used for Return Air to Plenums



2DP Designer recessed 2X4

2. 3. or 4 lamp T8

Ceiling configuration



(NEMA Type G)
Lay-in acoustical ceilings using exposed grid suspension, with holes for fixtures on 24" x 48" spacing.

(NEMA Type F)
Flange for acoustical ceilings using concealed mechanical suspension. Swing-jack mounting brackets adjustment 3-1/2" max and 1" min.

Photometry

CATALOG# 2DPGS232-FA01-Y2-EB LAMPS= F32T8 INPUT WATTS = 69
TEST#20884 S/MH-14 BALLAST= ELECTRONIC BALLAST FACTOR = .88

LER = FL-69

COMPARATIVE YEARLY LIGHTING ENERGY COST PER 1000 LUMENS = \$3.48 BASED ON 3000 HRS. AND \$.08 PER KWH.

FIXTURE EFFICIENCY= 82.7%

CANDLEPOWER				
Angle	End	45	Cross	
0	1807	1887	1887	1887
5	1860	1901	1872	1898
10	1805	1905	1865	1898
15	1724	1843	1864	1884
20	1754	1807	1858	1858
25	1687	1783	1851	1856
30	1585	1703	1837	1837
35	1455	1615	1826	1826
40	1287	1455	1815	1815
45	1025	1218	1803	1803
50	905	925	1804	1804
55	712	680	1805	1805
60	547	458	1806	1806
65	427	344	1808	1808
70	280	202	1812	1812
75	202	128	1818	1818
80	129	147	1824	1824
85	70	90	1832	1832

MAINTAINED ILLUMINATION TABLE- Square Feet/Fixture ^a						
n 80-50-20 Reflectances (Ceiling-Wall-Floor)						
n LLF = 0.75 2850 Lumens/Lamp very clean						
n Room width divided by room height = 5 or more, 2 or 1						
Fixture Size & # of Lamps	Room Width	Room Height	Approx Area (sq. ft.) per Fixture			
			10 ft-c	30 ft-c	50 ft-c	70 ft-c
2 Lamp T8	5	-	124	74	53	37
	2	-	88	53	38	-
	1	-	65	39	-	-

^aObserve Fixture S/MH Requirements for Specific Applications

AVERAGE LUMINANCE CD/SQ.M WITH 2850 LUMEN LAMPS				
ANGLE	END	45	CROSS	
45	24.4	2301	2899	2899
55	23.03	2098	2284	2284
65	18.32	1079	1547	1547
75	13.29	1106	1250	1250
85	1381	1749	1409	1409

TYPICAL V.C.P.'s			
Room Size	Mounting Height	Lamp Spacing	
		8.5	10
30x30	65	70	65
40x40	62	65	62
60x30	67	71	68
60x60	58	61	59
100x100	55	57	57

COEFFICIENT OF UTILIZATION						
RA	RA	RA	RA	RA	RA	RA
0	20	30	40	50	60	70
0	80	70	50	30	20	10
1	80	70	50	30	20	10
2	80	70	50	30	20	10
3	80	70	50	30	20	10
4	80	70	50	30	20	10
5	80	70	50	30	20	10
6	80	70	50	30	20	10
7	80	70	50	30	20	10
8	80	70	50	30	20	10
9	80	70	50	30	20	10
10	80	70	50	30	20	10

LIGHT DISTRIBUTION			
DEGREE'S LUMENS	% LAMP	% FIXTURE	
0-30	193	26.5	33.3
0-40	2502	40.9	53.4
0-60	4058	71.2	86.7
0-90	4662	82.1	100.0

LLF = .75 LLF = LIGHT LOSS FACTOR LLF = LED X LLD X LF LLD = VERY CLEAN 0.94 CLEAN 0.90
LLD = 0.9 @ 40% RATED LAMP LIFE LF = 0.88 ELECTRONIC BALLAST & T8 LAMP (95 LAMP AT 70% LAMP LIFE)

ANEXO R



Ambato, 20 de Junio del 2017

Sr.

Rodrigo Israel Salazar Navarrete

Presente.-

Luego de realizar el análisis de costos para la construcción de la CÁMARA DE PINTURA EXPRESS, que nos ha presentado, con lo cual la empresa ha decidido financiar completamente este proyecto y compromete el monto de \$ 7328.26 dólares (Siete mil trescientos veinte y ocho con 26/100 dólares) para la construcción de esta maquinaria.

La forma de uso del presupuesto será en base al avance y necesidades que presente la construcción. Para lo cual las compras las hará directamente la empresa a través de la administración.

Sin más que informarle nos despedimos.

Atentamente,

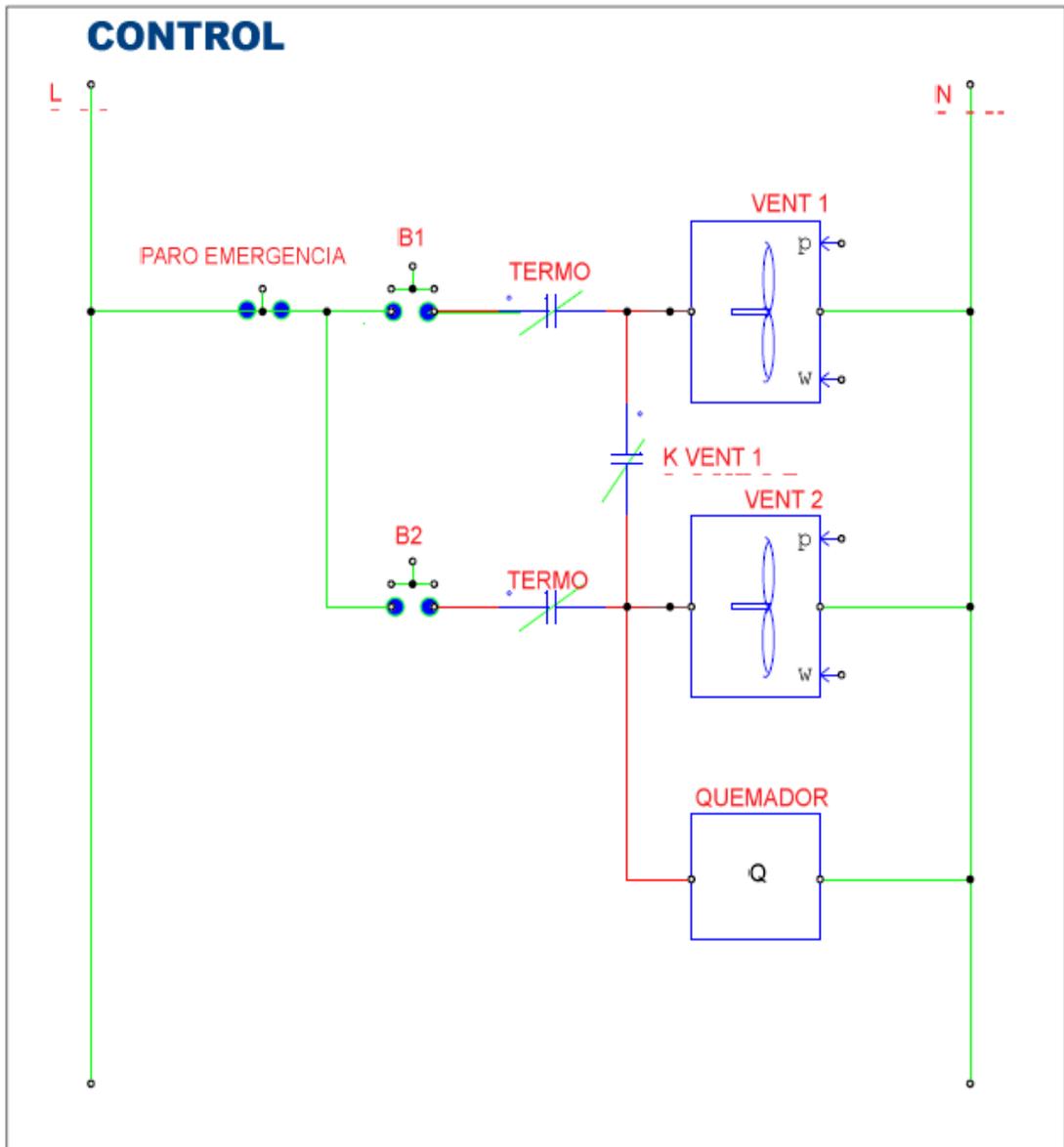
Sr. Mario Salazar

Gerente Propietario

Tnlgo. Juan Salazar

Administrador

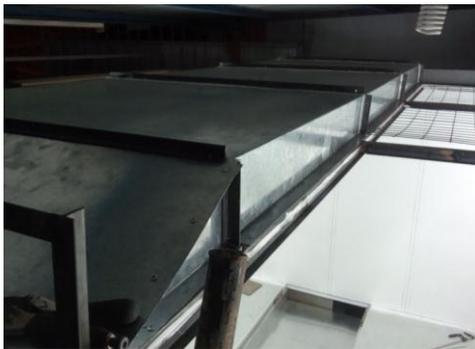
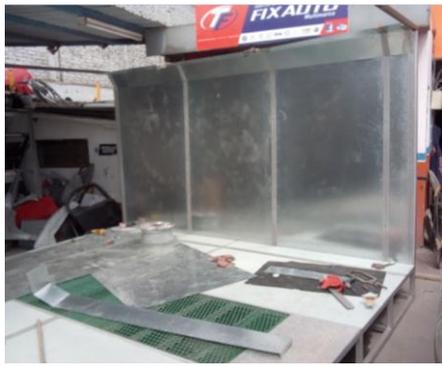
ANEXO S



ANEXO T

Fotos construcción



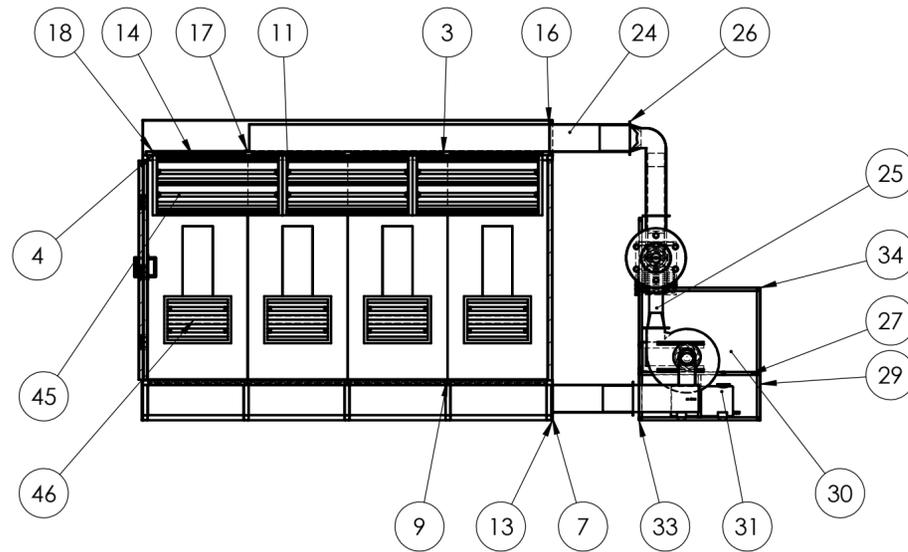
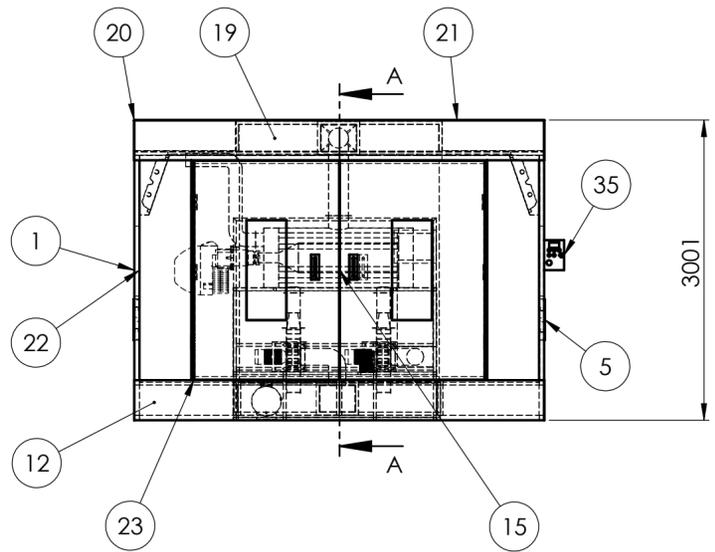




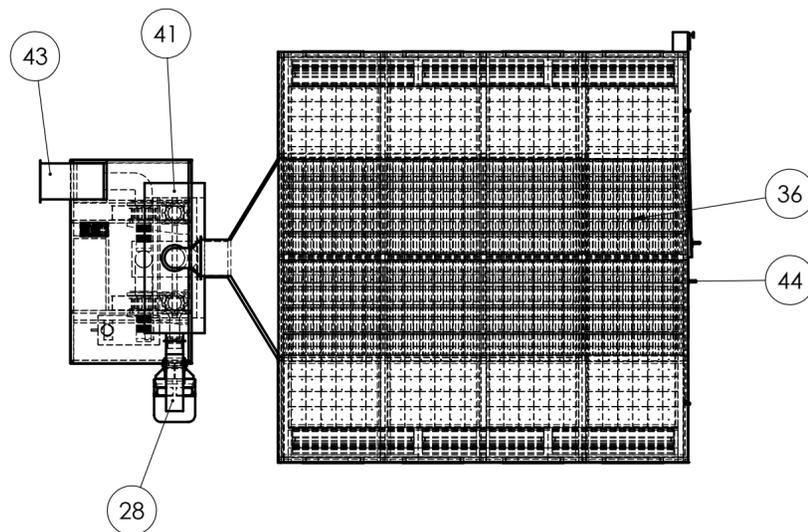
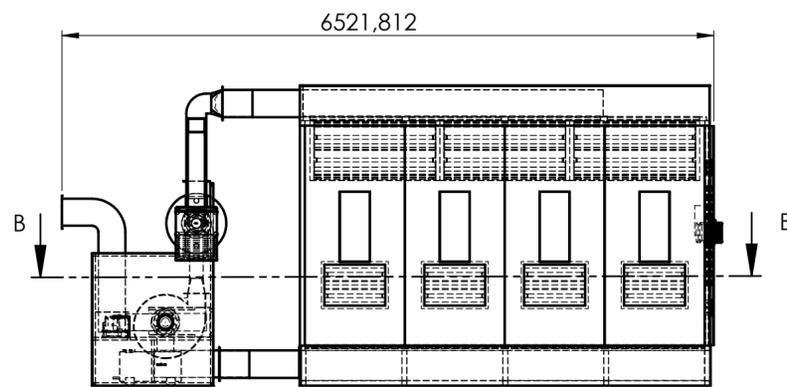


ANEXO U

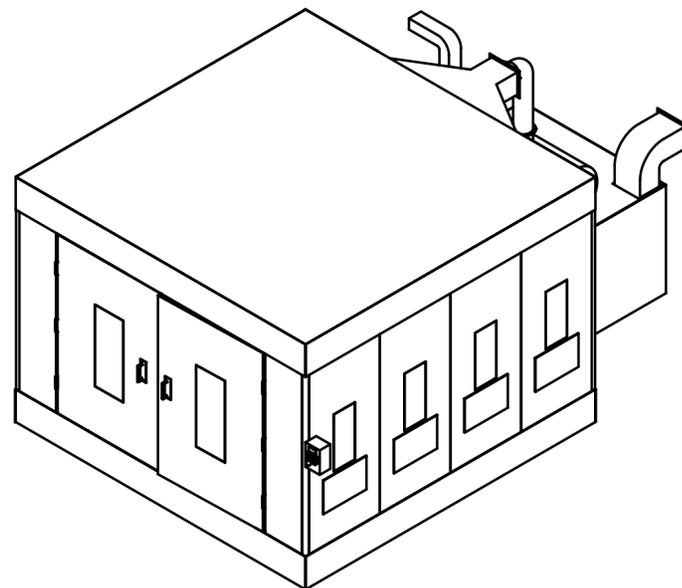
PLANOS



SECCIÓN A-A

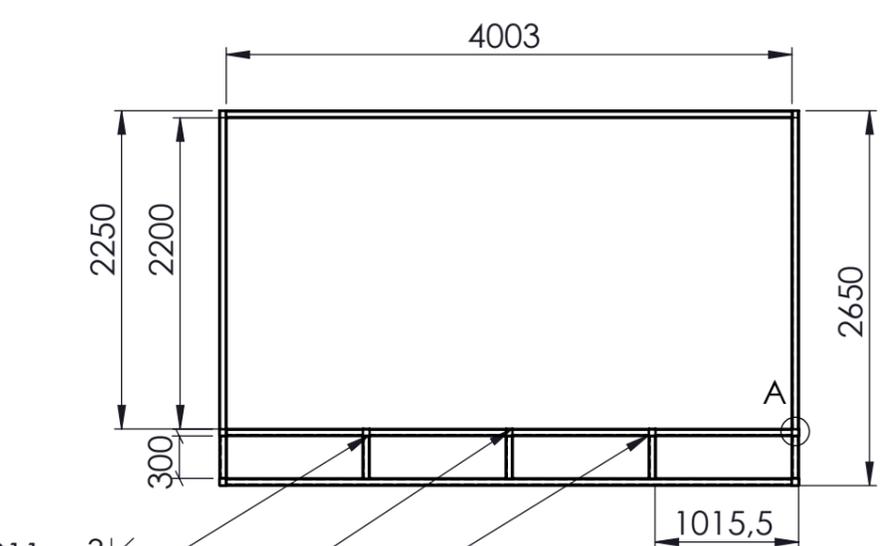
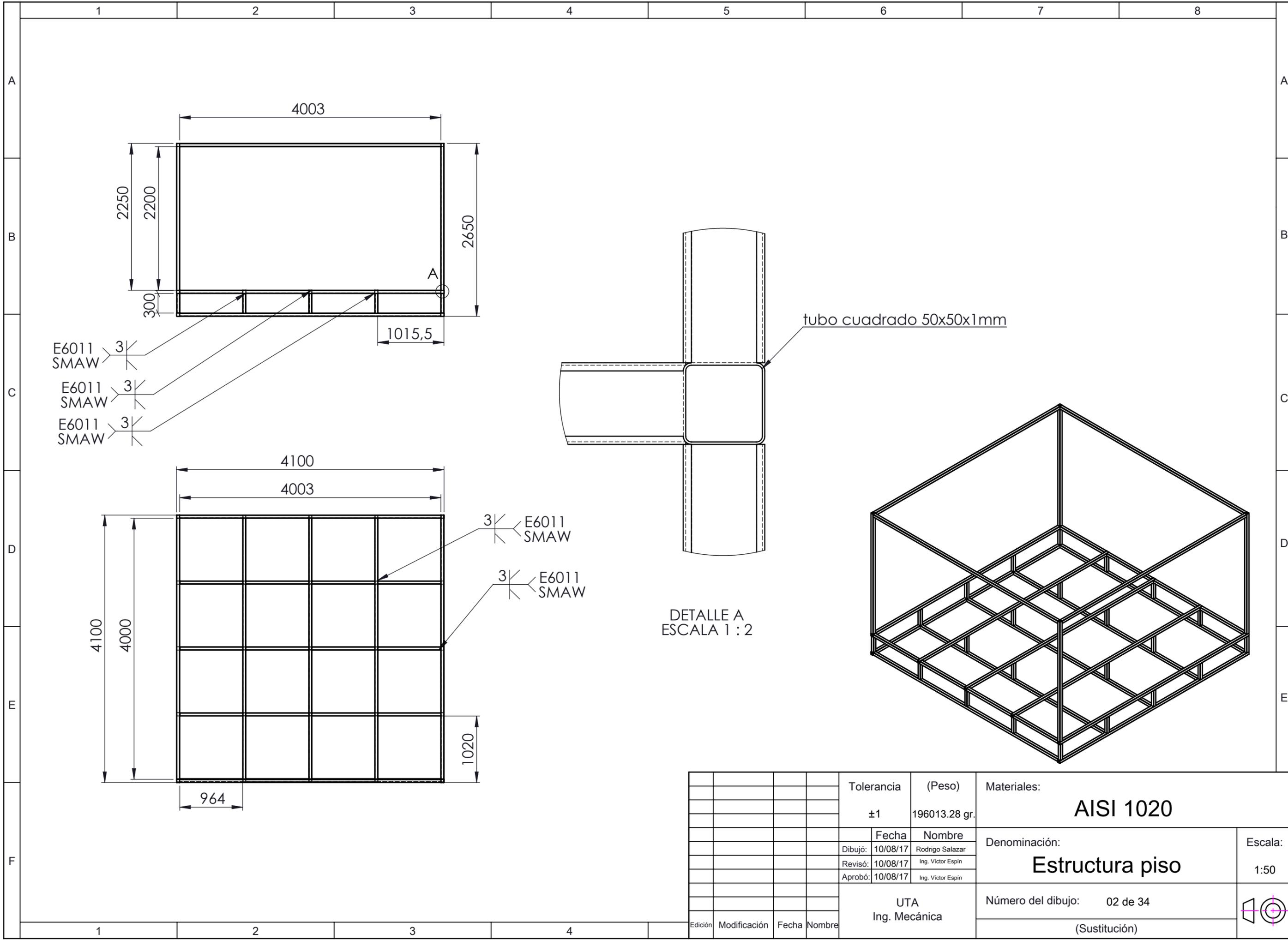


SECCIÓN B-B



No. de pieza	Denominación	No. de norma/dibujo	Material	No. de Orden	No. de modelo/semiproducto	Peso Kg/pieza	Observaciones
1	Estructura piso		ASTM A36	1		196,01	Construido
7	Ángulo estructural		ASTM A36	2		4,44	Construido
5	Travesaños techo		Acero Gal.	3		4,51	Construido
12	Uniones techo		ASTM A36	4		1,24	Construido
8	Pared térmica		Varios	5		15,6	Construido
2	Piso lateral suelo		Acero Gal.	6		7,4	Construido
2	Ductos piso		Acero Gal.	7		5,24	Construido
8	Mallas filtros fosa		ASTM A36	8		2,83	Construido
8	Rejilla piso		ASTM A36	9		10,3	Construido
2	Filtros piso	1x6 m	Fibra de vidrio	10			Adquirido
6	Gabinete luces T12		Acero Gal.	11		8,22	Construido
3	Tapa inferior lateral		Acero Gal.	12		1,23	Construido
2	Tapa inferior posterior		Acero Gal.	13		0,62	Construido
8	Mallas de filtros techo		ASTM A36	14		0,53	Construido
4	Pared llana		Varios	15		12,3	Construido
1	Plenum entrada de calor		Acero galvanizado	16		25,36	Construido
2	Plancha techo uno		Varios	17		3,7	Construido
1	Plancha techo dos		Varios	18		4,2	Construido
3	Cubierta lateral techo uno		Acrílico	19		3,5	Construido
2	Cubierta lateral techo dos		Acrílico	20		2,1	Construido
1	Techo superior		Acrílico	21		3,9	Construido
2	Pared térmica frontal		Varios	22		6,2	Construido
1	Puertas		Varios	23		5,8	Construido
2	Tomas de aire		Acero Gal.	24		1,03	Construido
2	Ductos ventiladores		Acero Gal.	25		1,3	Construido
1	Ducto superior de entrada		Acero Gal.	26		7,3	Construido
1	Estructura maquinaria		ASTM A36	27		45,2	Construido
1	Ducto de salida de desechos		Acero Gal.	28		6,8	Construido
1	Protector posterior maquinaria		Acero Gal.	29		8,4	Construido
2	Protector lateral maquinaria		Acrílico	30		5,1	Construido
1	Tanque de diesel		Plastico ABS	31			Adquirido
1	Variador de frecuencia		Varios	32			Adquirido
1	Protector frontal maquinaria		Acrílico	33		10,1	Construido
1	Protector superior maquinaria		Acero Gal.	34		8,5	Construido
1	Tablero de control		Varios	35			Adquirido
8	Filtro techo	1x6m	Varios	36			Adquirido
2	Filtro suelo	1x6m	Varios	37			Adquirido
1	Ventilador centrífugo 2T	CAM-540-2T	Varios	38			Adquirido
1	Ventilador centrífugo 2T-4	CAM-545-2T-4	Varios	39			Adquirido
1	Quemador	25KW	Varios	40			Adquirido
1	Intercambiador de calor		Acero Inox	41			Adquirido
1	Ducto de extracción		Varios	42		9,1	Construido
1	Ducto de aspiración		Acero Gal.	43		4,3	Construido
4	Manillas		Acero Inox	44			Adquirido
6	Lámparas T12	1200 lumenes	Varios	45			Adquirido
8	Lámparas T8	600 lumenes	Varios	46			Adquirido

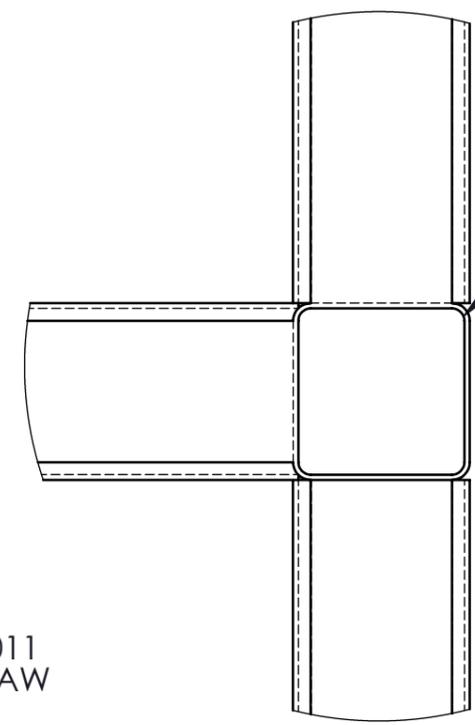
Tolerancia: ± 1		Peso: 789451,09gr		Material: VARIOS	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Título: Cámara de pintura express	
		17/10/2017	Rodrigo Salazar	Escala: 1:50	
		16/08/2017	Ing. Victor Espin	Número de lámina: 01 de 34	
		16/08/2017	Ing. Victor Espin	Registro:	
U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA				Sustitución:	



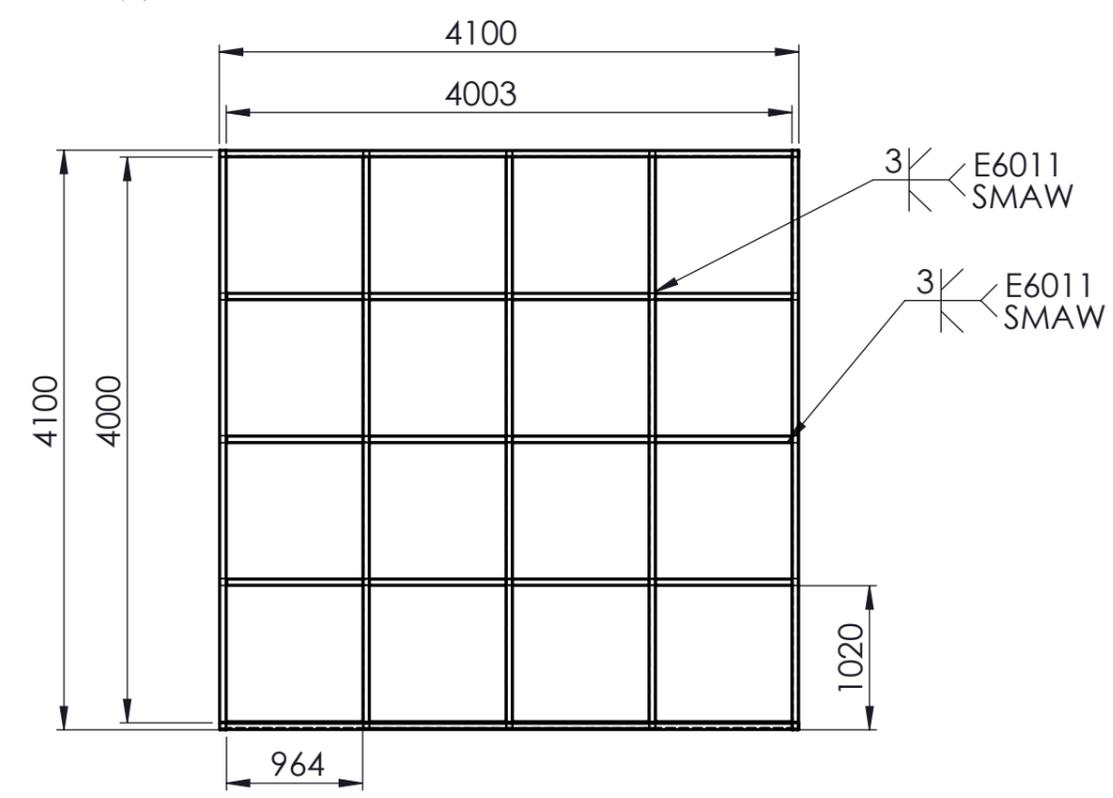
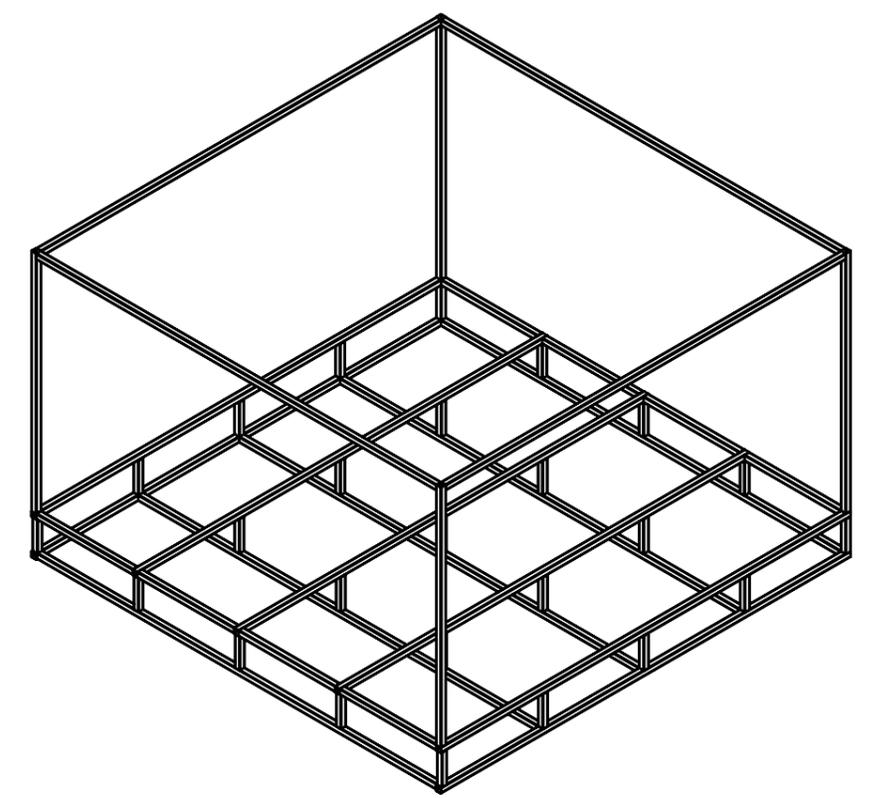
E6011 SMAW 3

E6011 SMAW 3

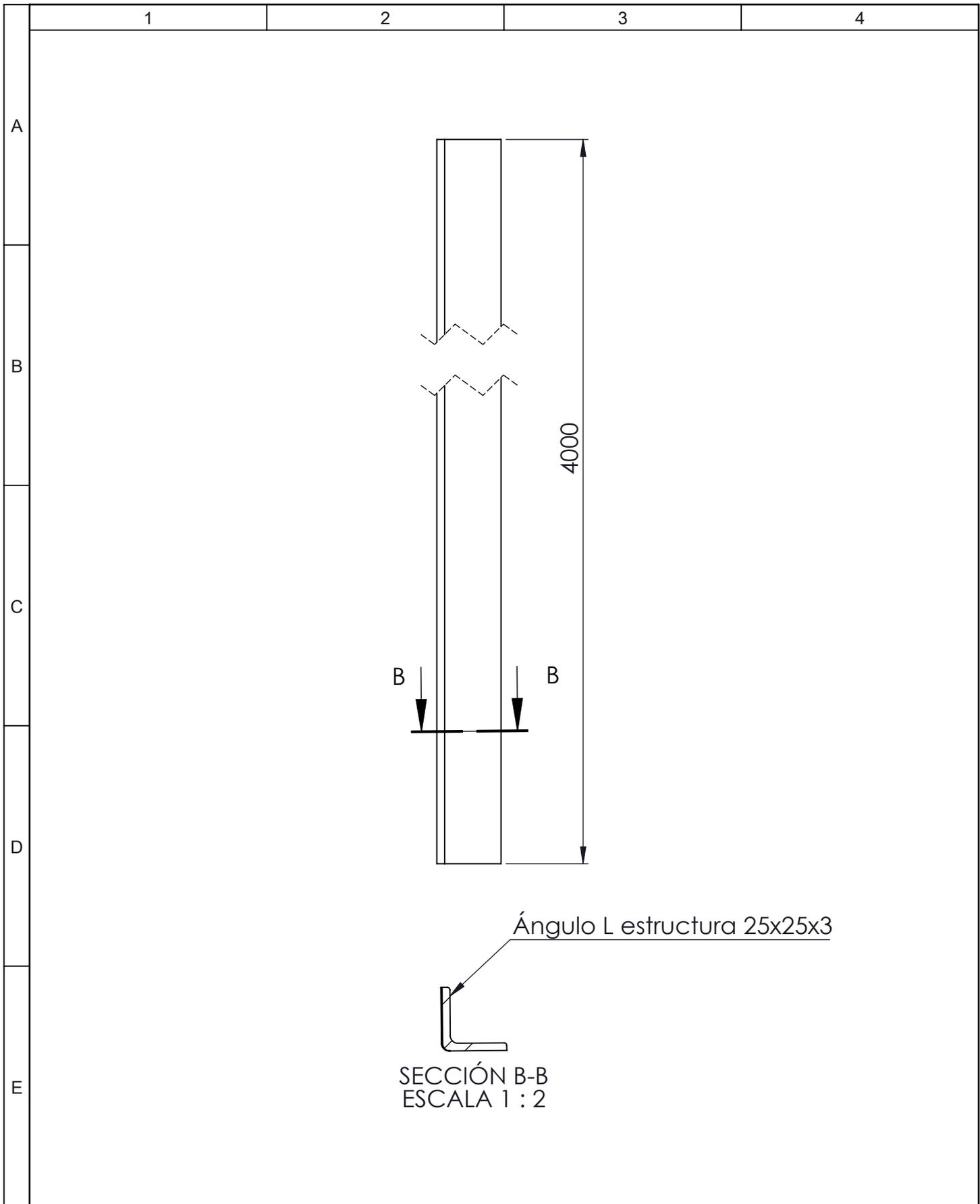
E6011 SMAW 3

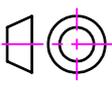


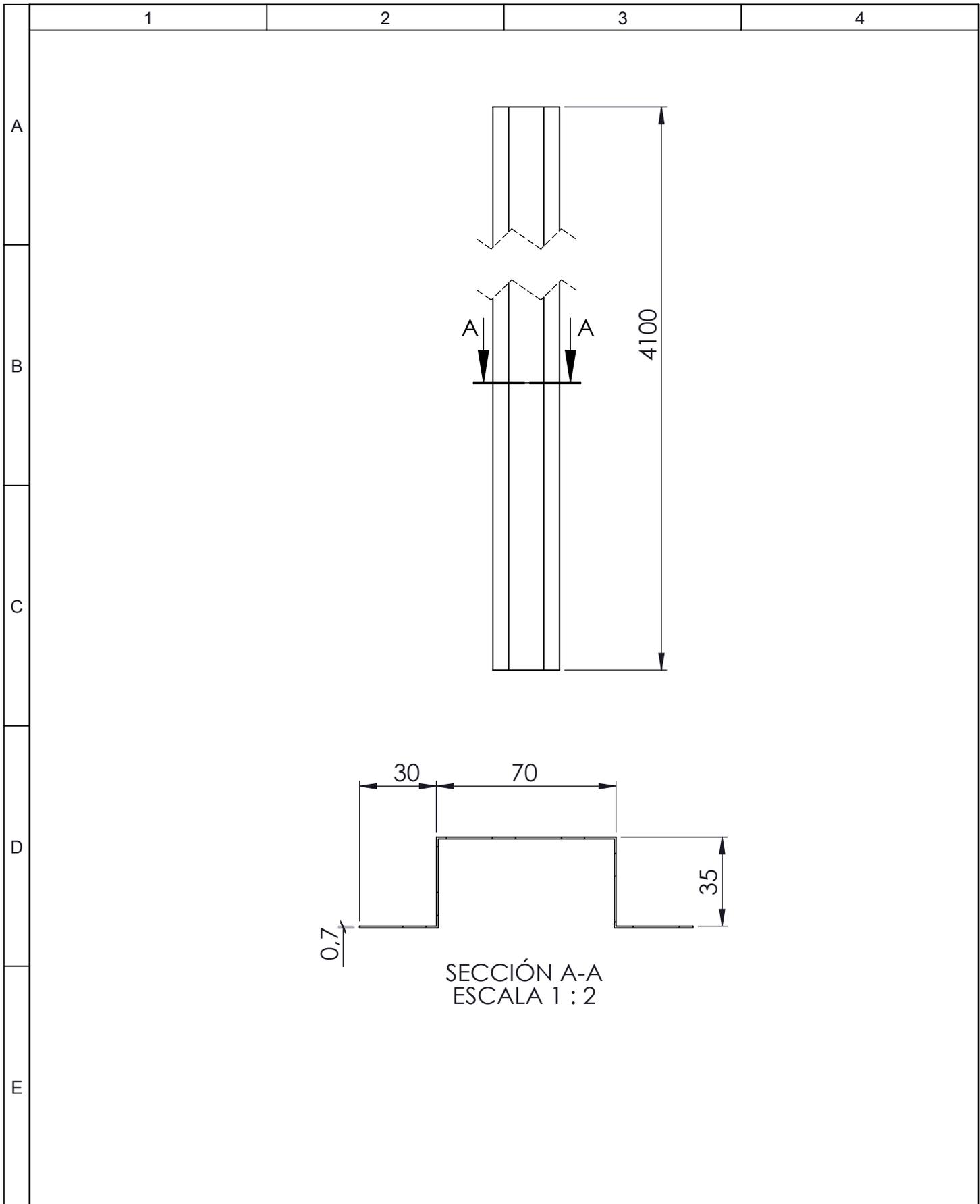
DETALLE A
ESCALA 1 : 2



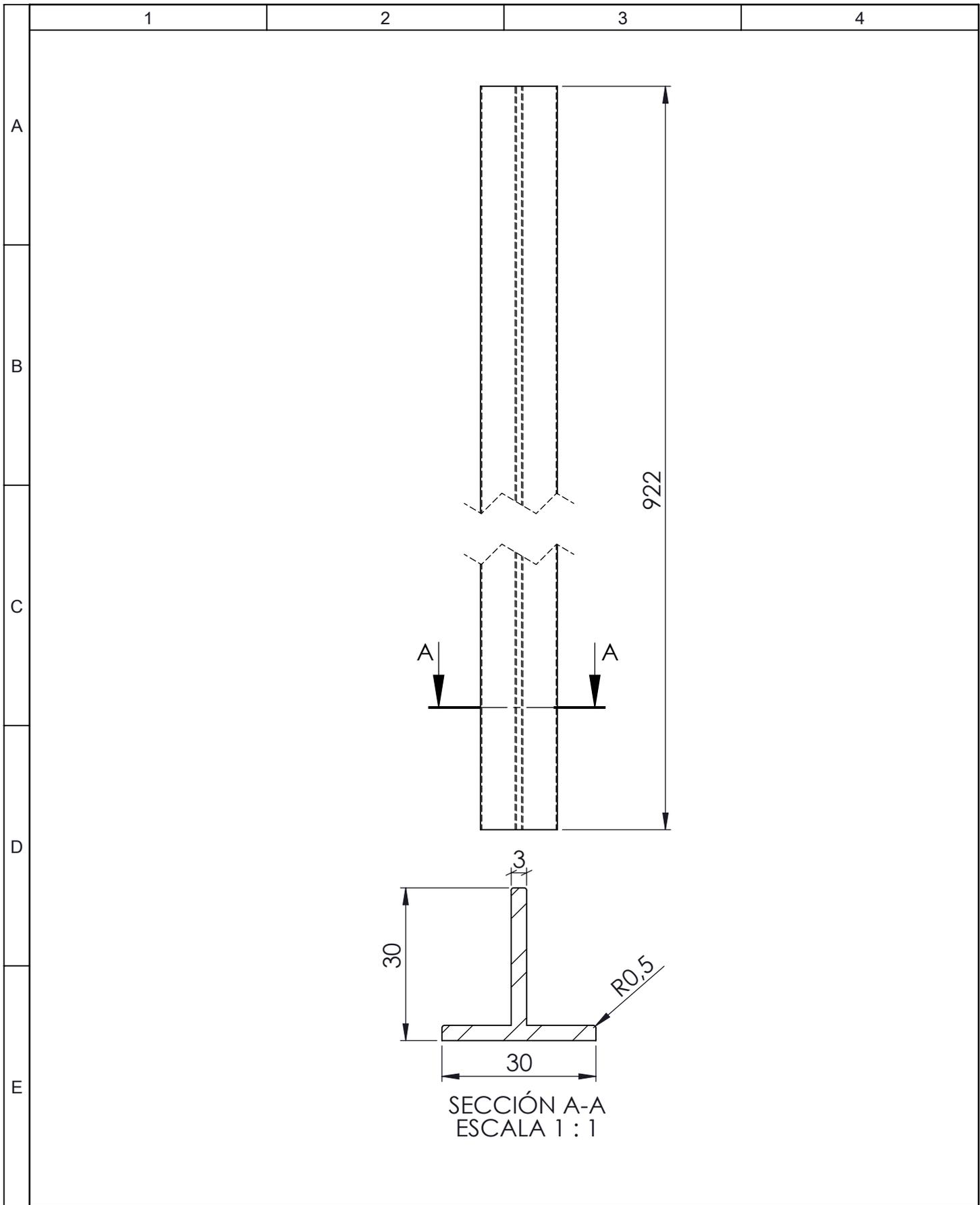
				Tolerancia	(Peso)	Materiales:			
				±1	196013.28 gr.	AISI 1020			
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:		
				Dibujó: 10/08/17	Rodrigo Salazar			Estructura piso	1:50
				Revisó: 10/08/17	Ing. Victor Espin				
				Aprobó: 10/08/17	Ing. Victor Espin	Número del dibujo: 02 de 34			
				UTA Ing. Mecánica		(Sustitución)			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre						

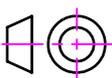


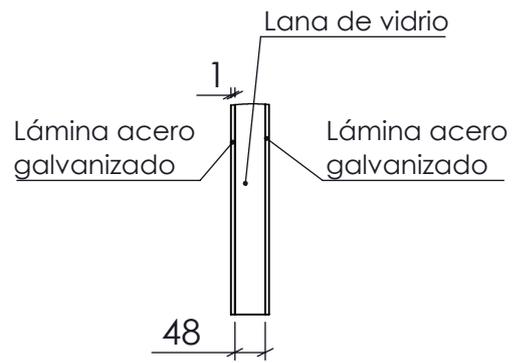
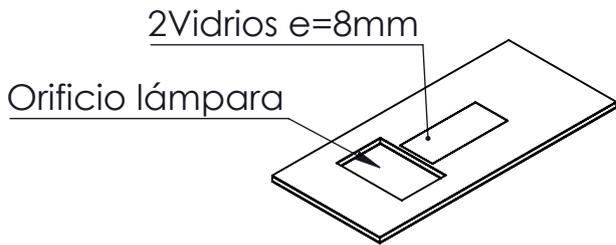
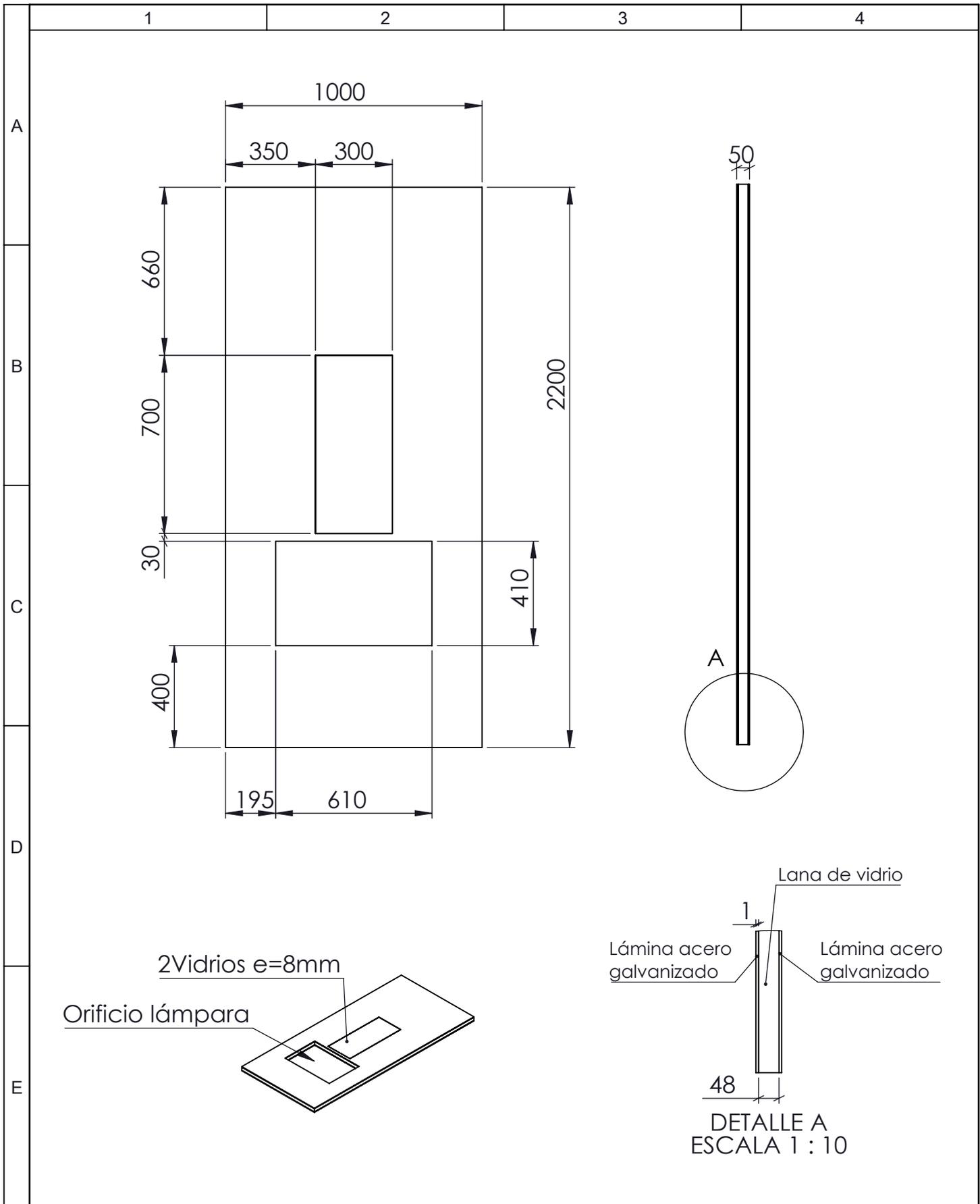
				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±1	4442,04 gr	ASTM A36	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
			Dibujó:	10/08/17	Rodrigo Salazar		
			Revisó:	10/08/17	Ing. Víctor Espín		
				Aprobó:	10/08/17	Ing. Víctor Espín	1:10
				UTA		Número del dibujo:	
				Ing. Mecánica		03 de 34	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±1	4517,8 gr	ACERO GALVANIZADO	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
			Dibujó:	10/08/17	Rodrigo Salazar		
			Revisó:	10/08/17	Ing. Víctor Espín		
				Aprobó:	10/08/17	Ing. Víctor Espín	1:10
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo:	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			04 de 34 (Sustitución)	

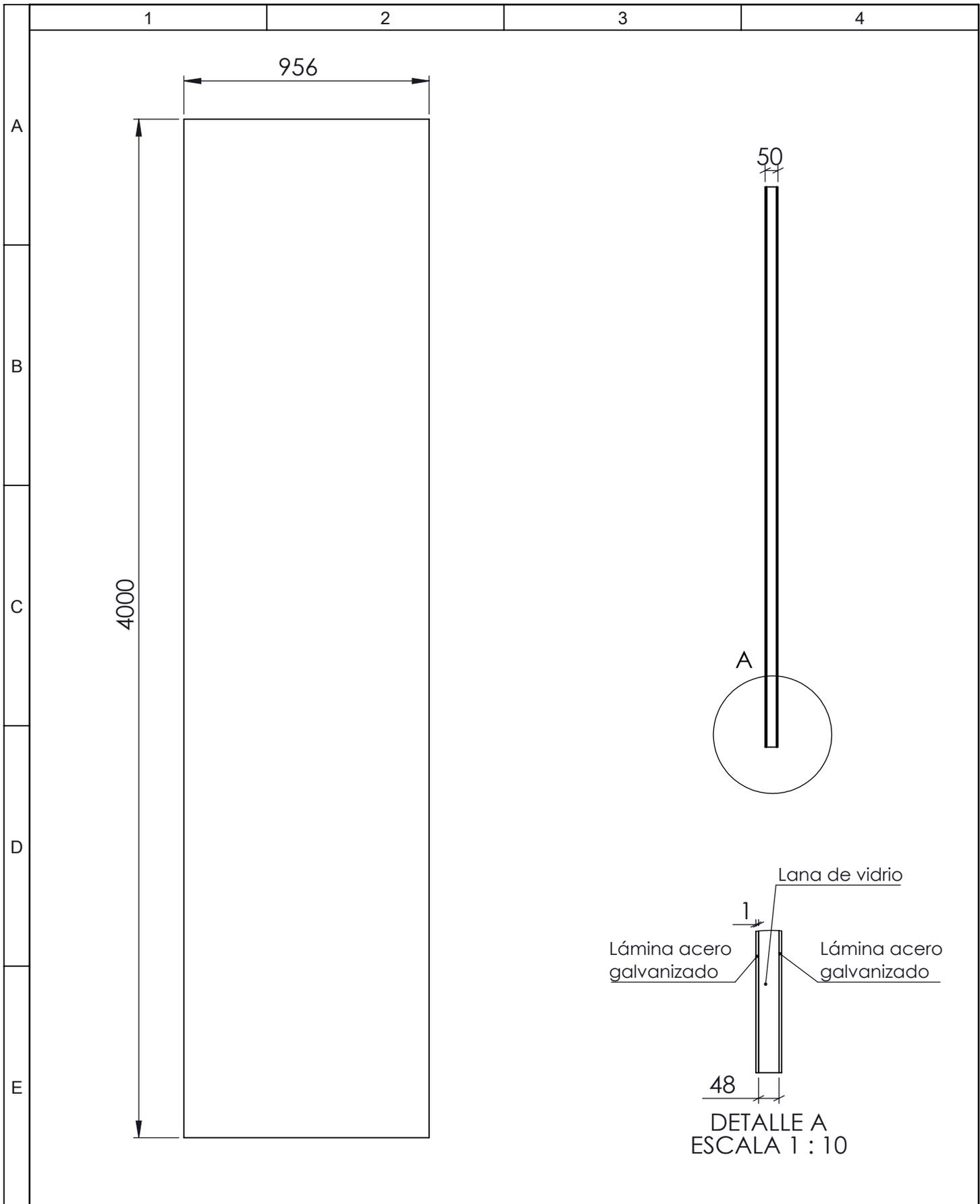


				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±1	1243,37 gr	ASTM A36	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
			Dibujó:	10/08/17	Rodrigo Salazar		
			Revisó:	10/08/17	Ing. Víctor Espín		
				Aprobó:	10/08/17	Ing. Víctor Espín	1:2
				UTA		Número del dibujo:	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Ing. Mecánica		05 de 34 (Sustitución)	



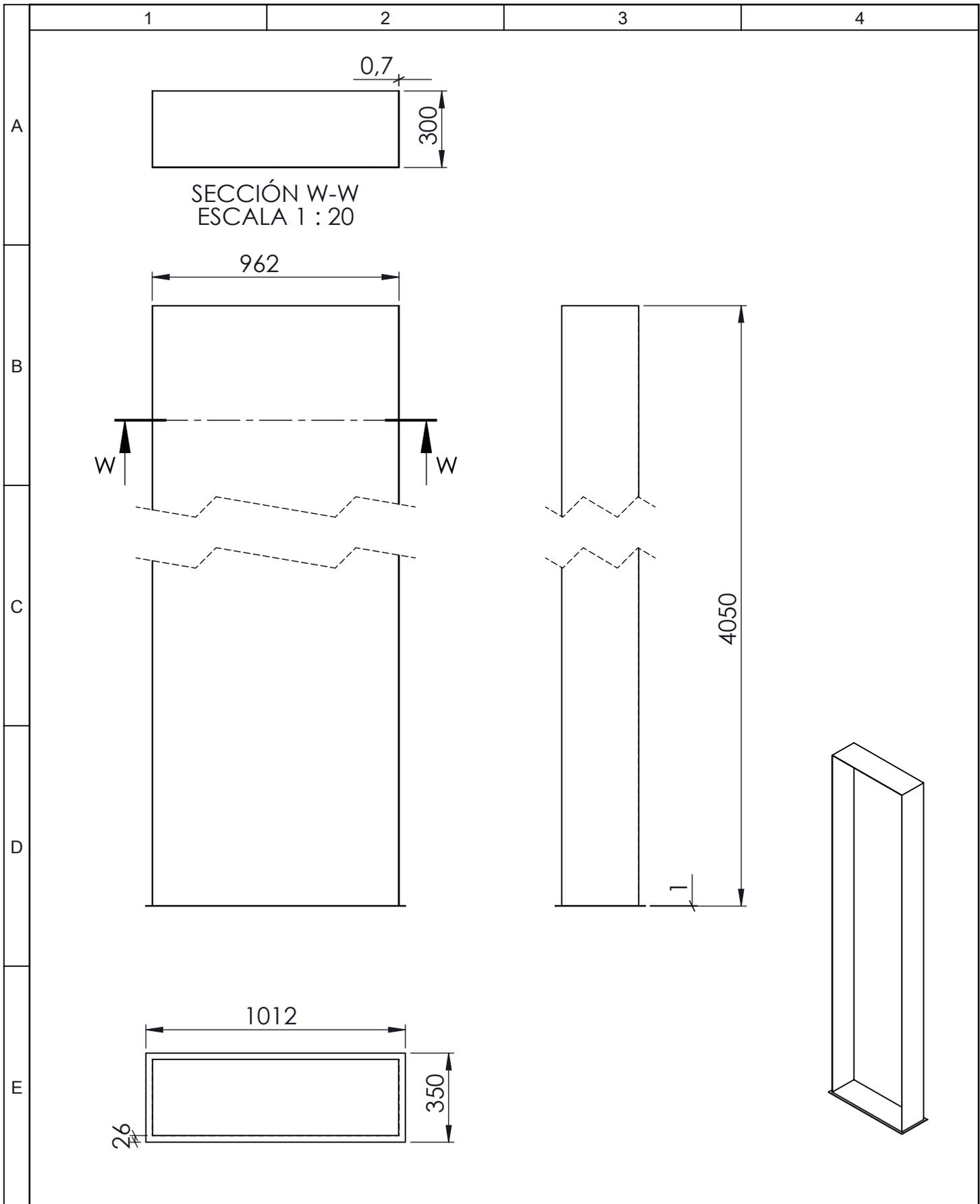
DETALLE A
ESCALA 1 : 10

				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±1	156507,5 gr	VARIOS	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 10/08/17	Rodrigo Salazar		
				Revisó: 10/08/17	Ing. Víctor Espín		
				Aprobó: 10/08/17	Ing. Víctor Espín	Pared térmica	1:20
				UTA Ing. Mecánica			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

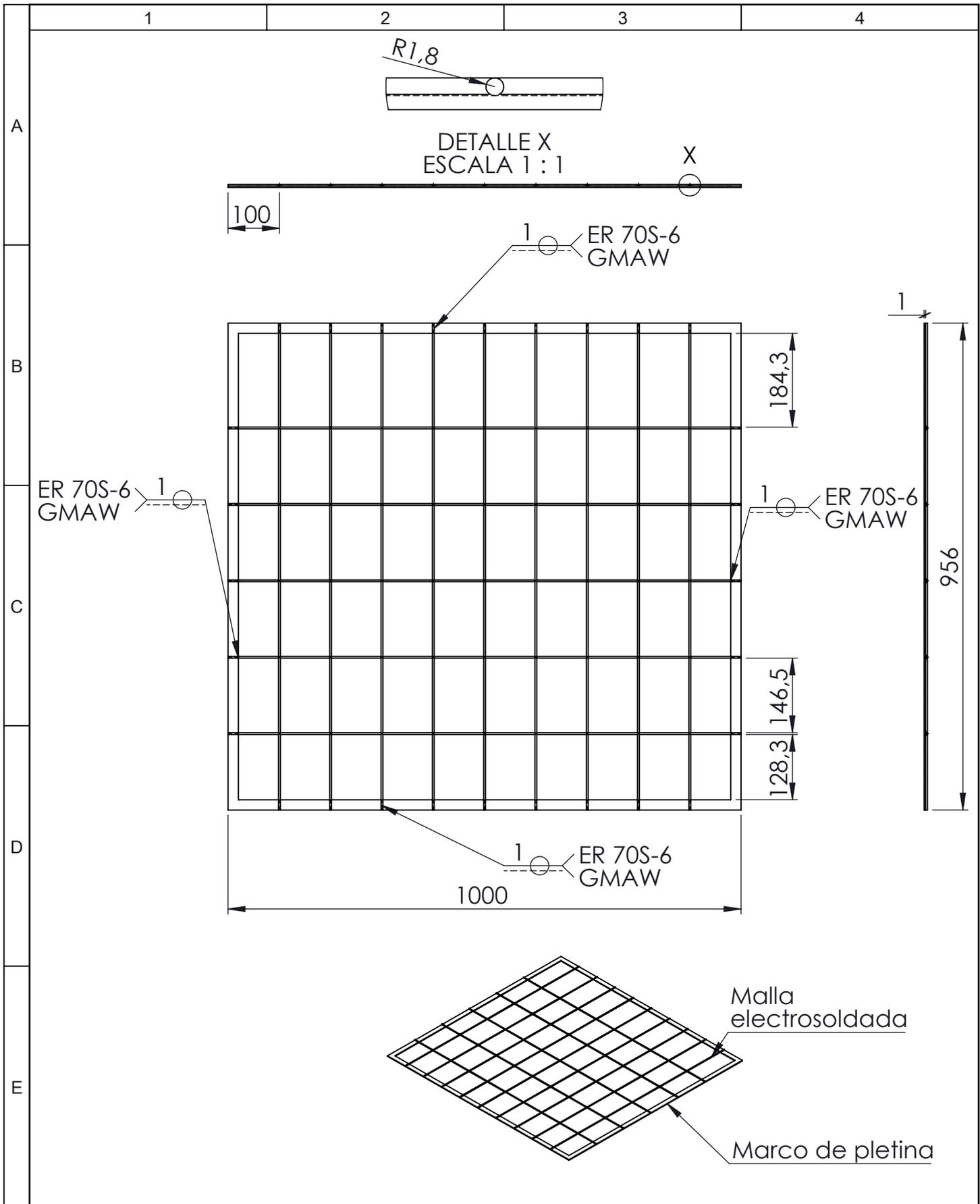


DETALLE A
ESCALA 1 : 10

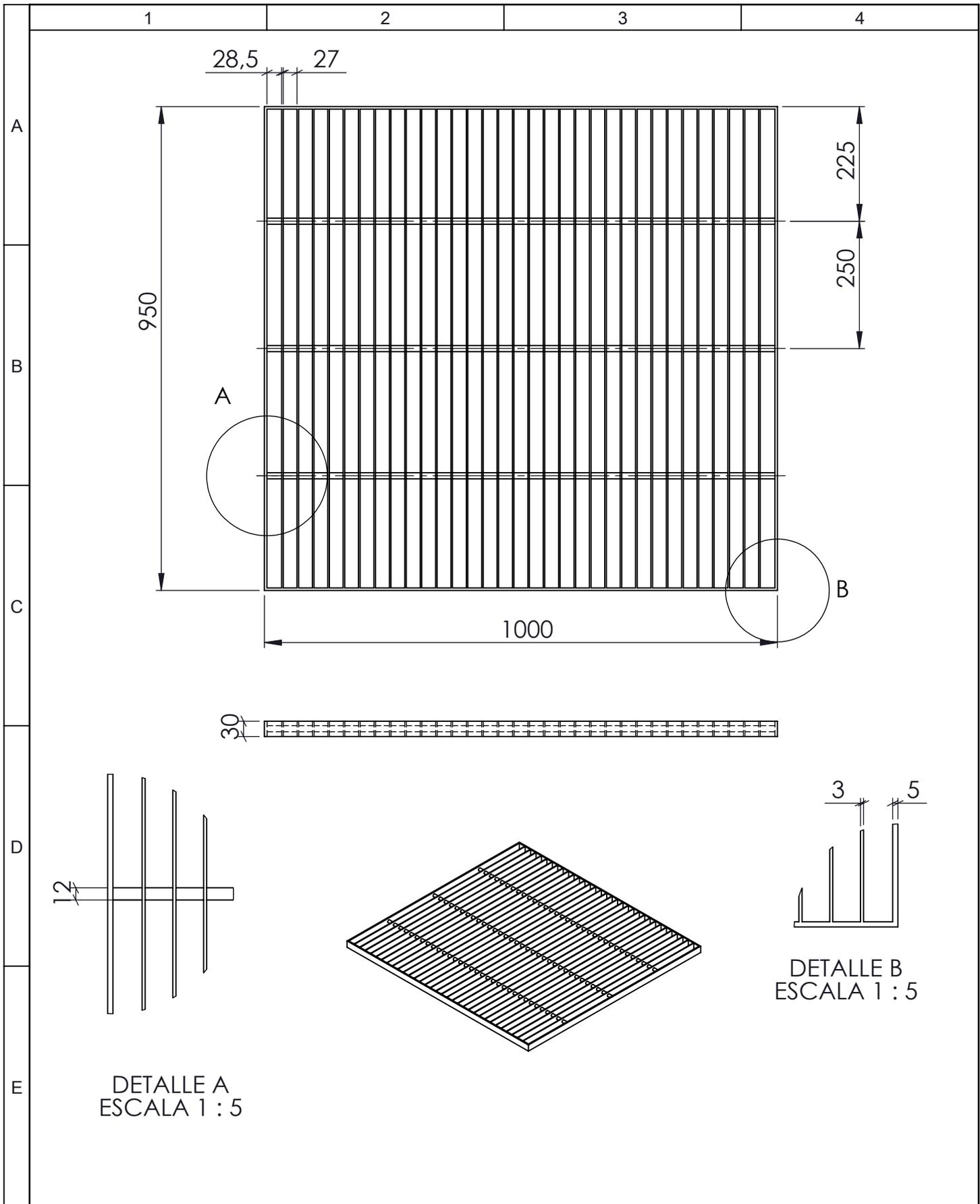
				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±1	7560,5 gr	VARIOS	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 10/08/17	Rodrigo Salazar		
				Revisó: 10/08/17	Ing. Victor Espín		
				Aprobó: 10/08/17	Ing. Victor Espín	Piso lateral	1:20
				UTA Ing. Mecánica			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±1	5249,7gr	ACERO GALVANIZADO	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 10/08/17	Rodrigo Salazar		
				Revisó: 10/08/17	Ing. Víctor Espín		
				Aprobó: 10/08/17	Ing. Víctor Espín	Ductos Piso	1:20
				UTA Ing. Mecánica			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			08 de 34 (Sustitución)	



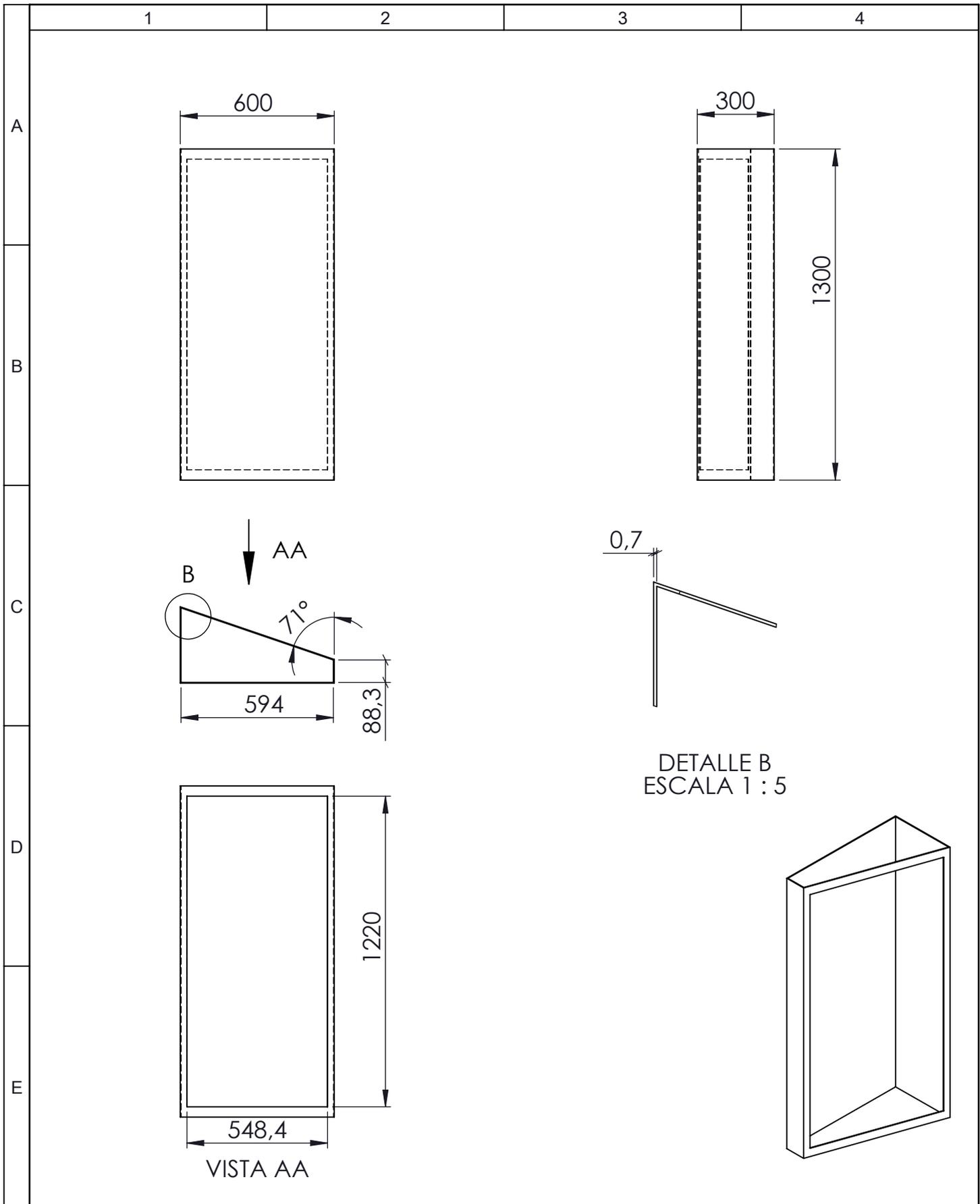
				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±1	2838,8gr	ASTM A36	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 10/08/17	Rodrigo Salazar	Mallas contenedoras de filtros de suelo	1:10
				Revisó: 10/08/17	Ing. Víctor Espín		
				Aprobó: 10/08/17	Ing. Víctor Espín		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 09 de 34 (Sustitución)	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				



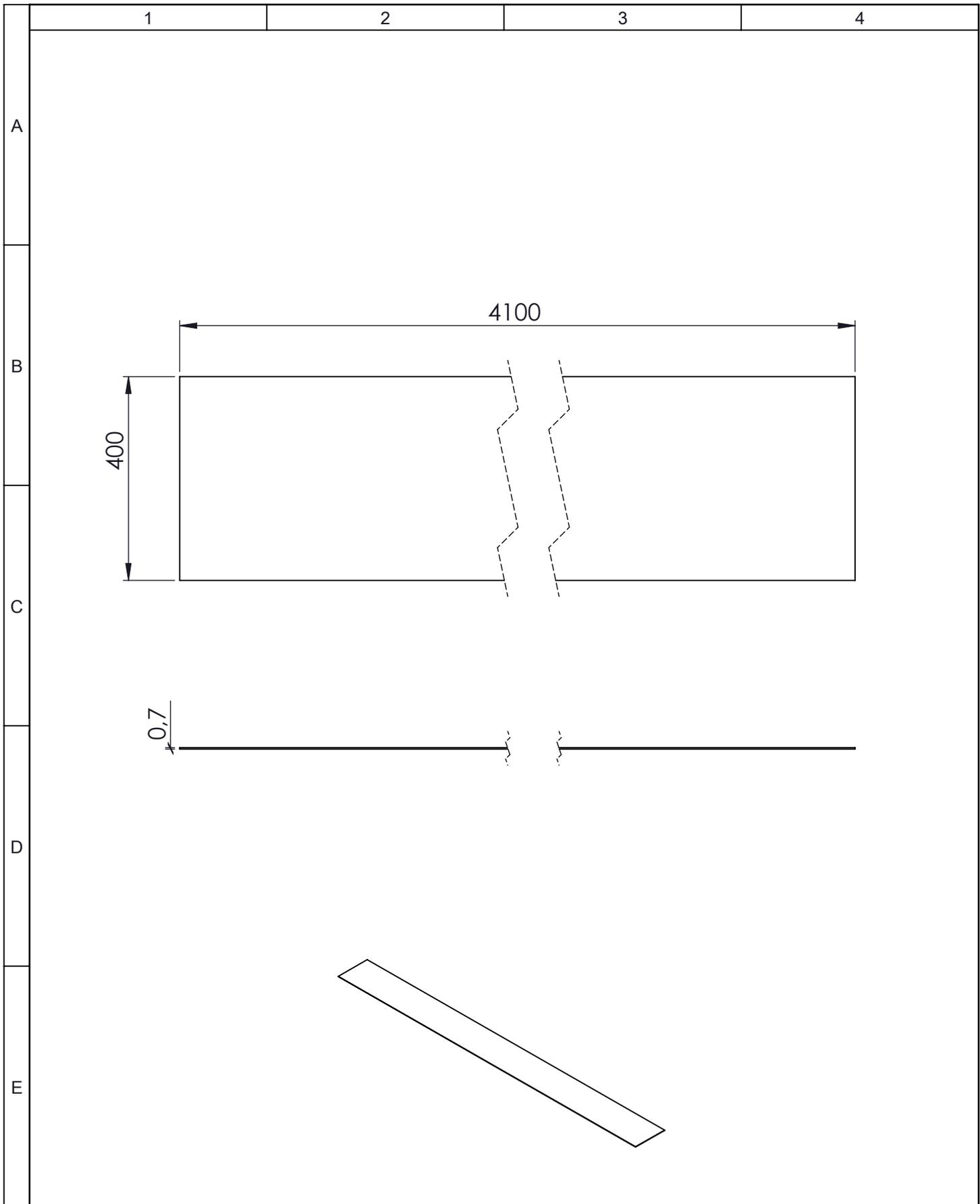
DETALLE A
ESCALA 1 : 5

DETALLE B
ESCALA 1 : 5

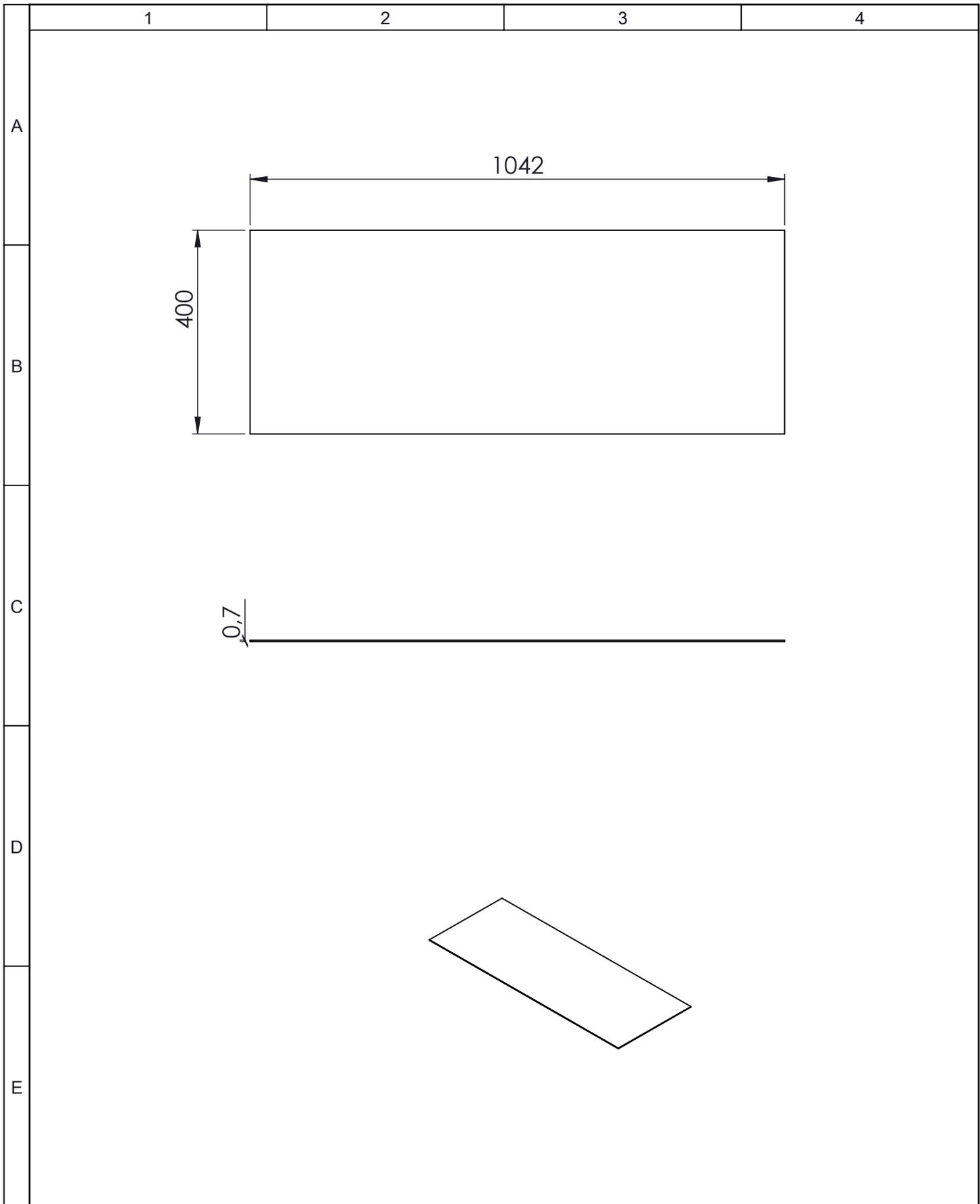
				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±1	10498,96 gr	AISI 1020	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
			Dibujó:	10/08/17	Rodrigo Salazar		
			Revisó:	10/08/17	Ing. Víctor Espín		
				Aprobó:	10/08/17	Ing. Víctor Espín	1:10
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo:	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			10 de 34	
						(Sustitución)	



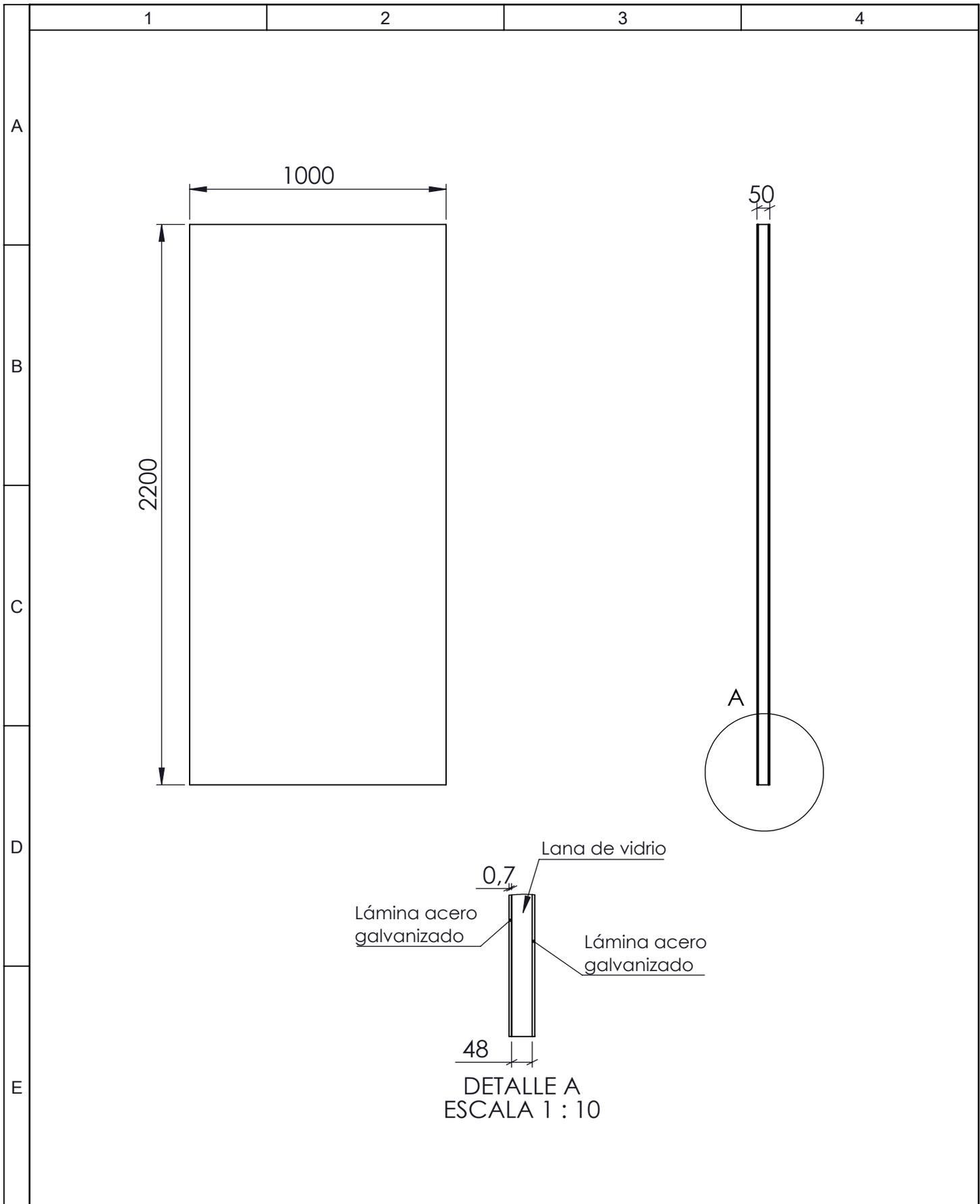
				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±1	8220,5 gr	Acero galvanizado	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 10/08/17	Rodrigo Salazar		
				Revisó: 10/08/17	Ing. Victor Espin		
				Aprobó: 10/08/17	Ing. Victor Espin	Gabinete de luces	1:20
				UTA Ing. Mecánica			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			11 de 34 (Sustitución)	



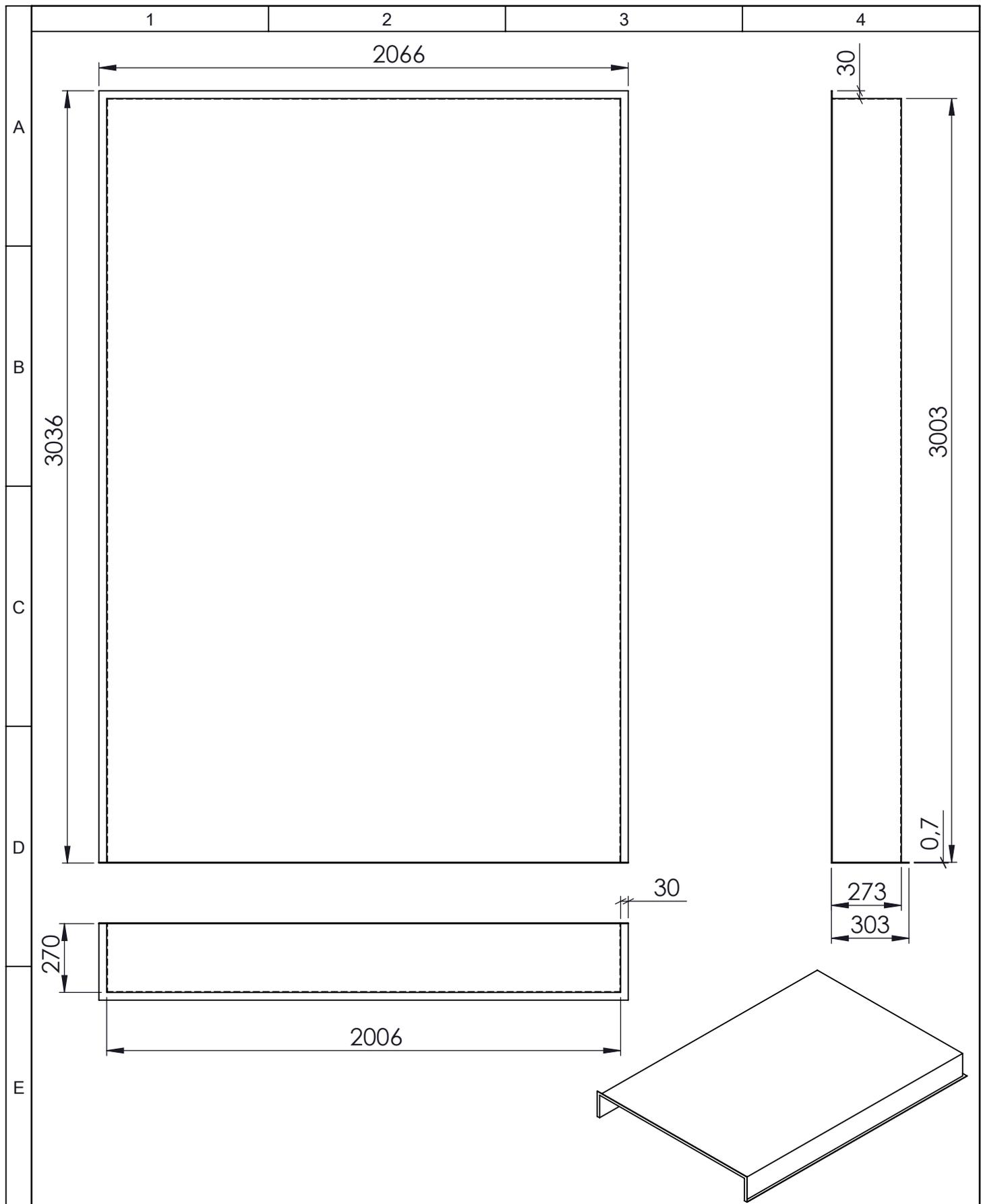
				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±1	1230 gr	Acero galvanizado	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 10/08/17	Rodrigo Salazar		
				Revisó: 10/08/17	Ing. Victor Espin		
				Aprobó: 10/08/17	Ing. Victor Espin	Protector inferior lateral	1:10
				UTA Ing. Mecánica			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



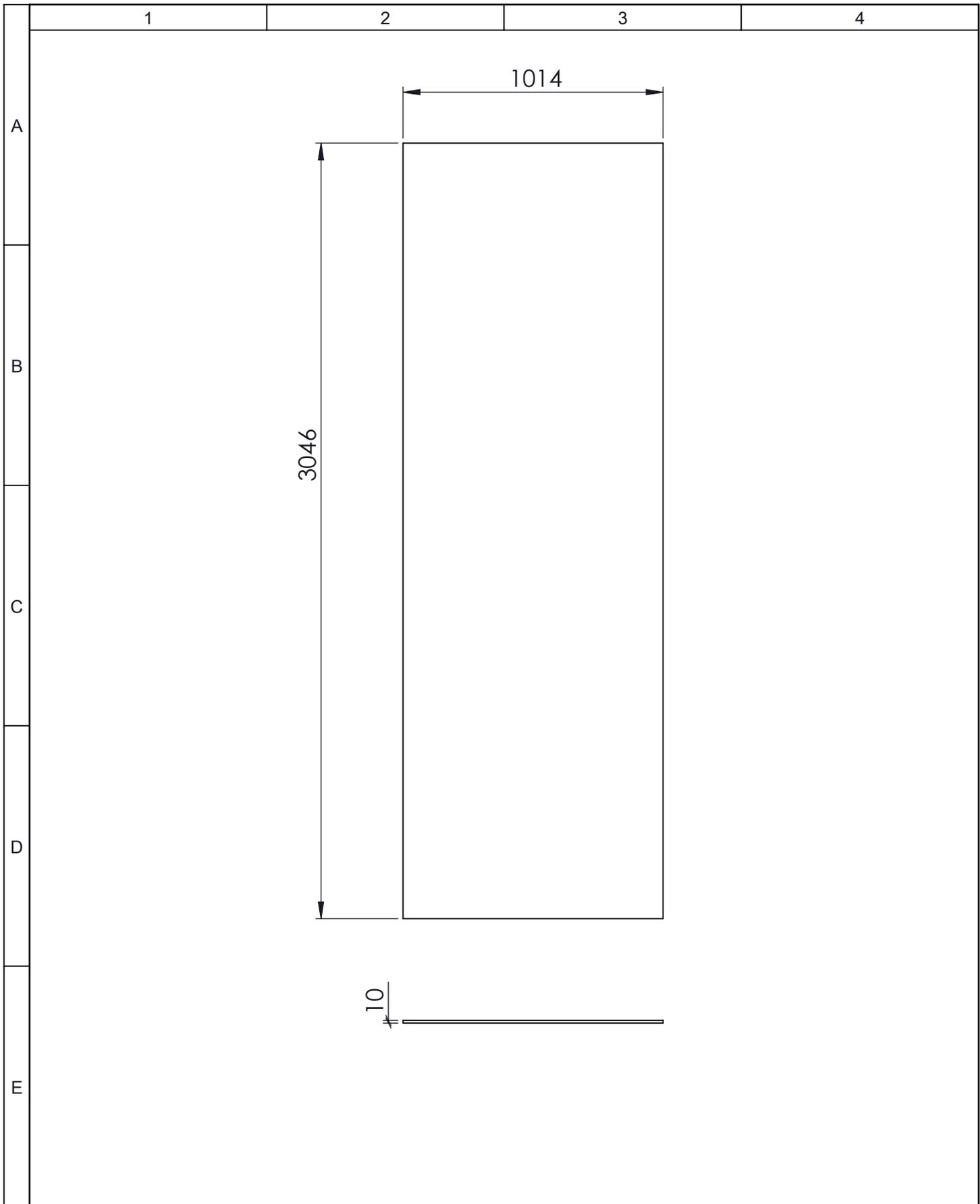
				Tolerancia	(Peso)	Materiales:			
				±1	615 gr	Acero galvanizado			
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:		
				Dibujó: 10/08/17	Rodrigo Salazar				
				Revisó: 10/08/17	Ing. Víctor Espín				
				Aprobó: 10/08/17	Ing. Víctor Espín	Protector inferior posterior	1:10		
				UTA				Número del dibujo: 13 de 34	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Ing. Mecánica					



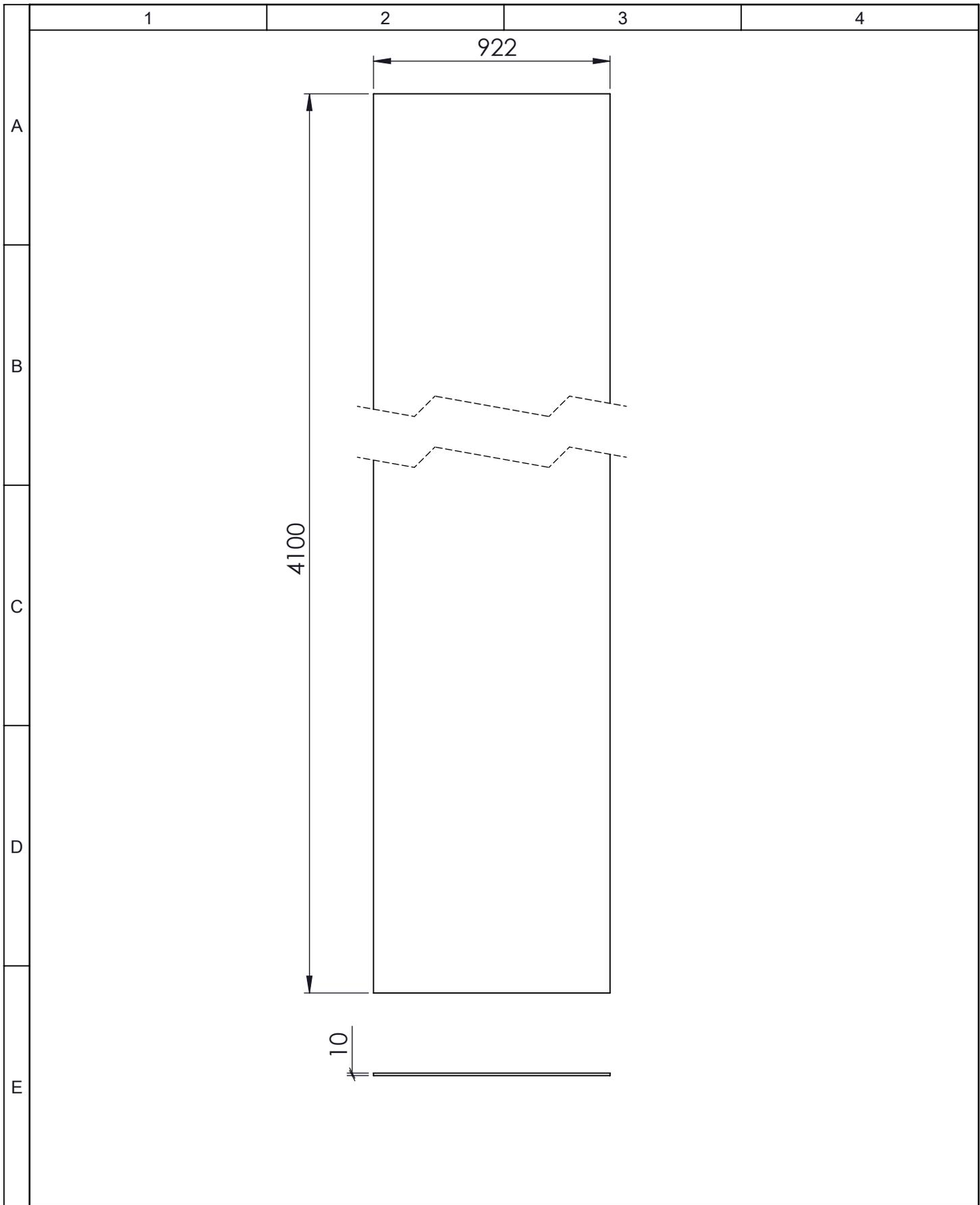
				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±1	12436,8 gr	Varios	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 10/08/17	Rodrigo Salazar		
				Revisó: 10/08/17	Ing. Victor Espin		
				Aprobó: 10/08/17	Ing. Victor Espin	Pared llana	1:20
				UTA Ing. Mecánica			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



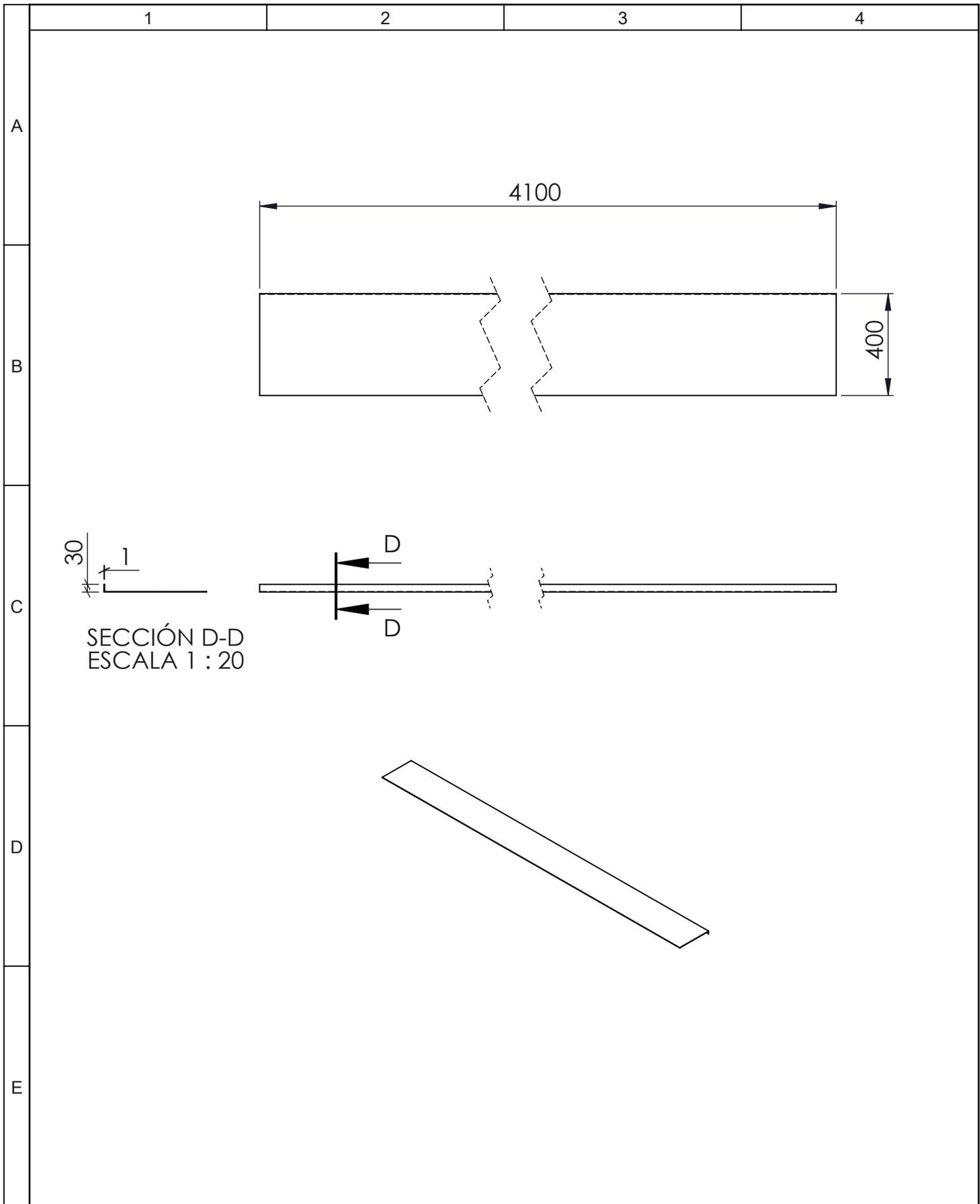
				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±1	25126,33 gr	Acero galvanizado	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 10/08/17	Rodrigo Salazar		
				Revisó: 10/08/17	Ing. Víctor Espín		
				Aprobó: 10/08/17	Ing. Víctor Espín	Plenum	1:20
				UTA Ing. Mecánica			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



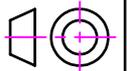
				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±1	37063,73 gr	Acrílico	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 10/08/17	Rodrigo Salazar		
				Revisó: 10/08/17	Ing. Victor Espin		
				Aprobó: 10/08/17	Ing. Victor Espin	<h1>Plancha techo uno</h1>	1:20
				UTA Ing. Mecánica			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

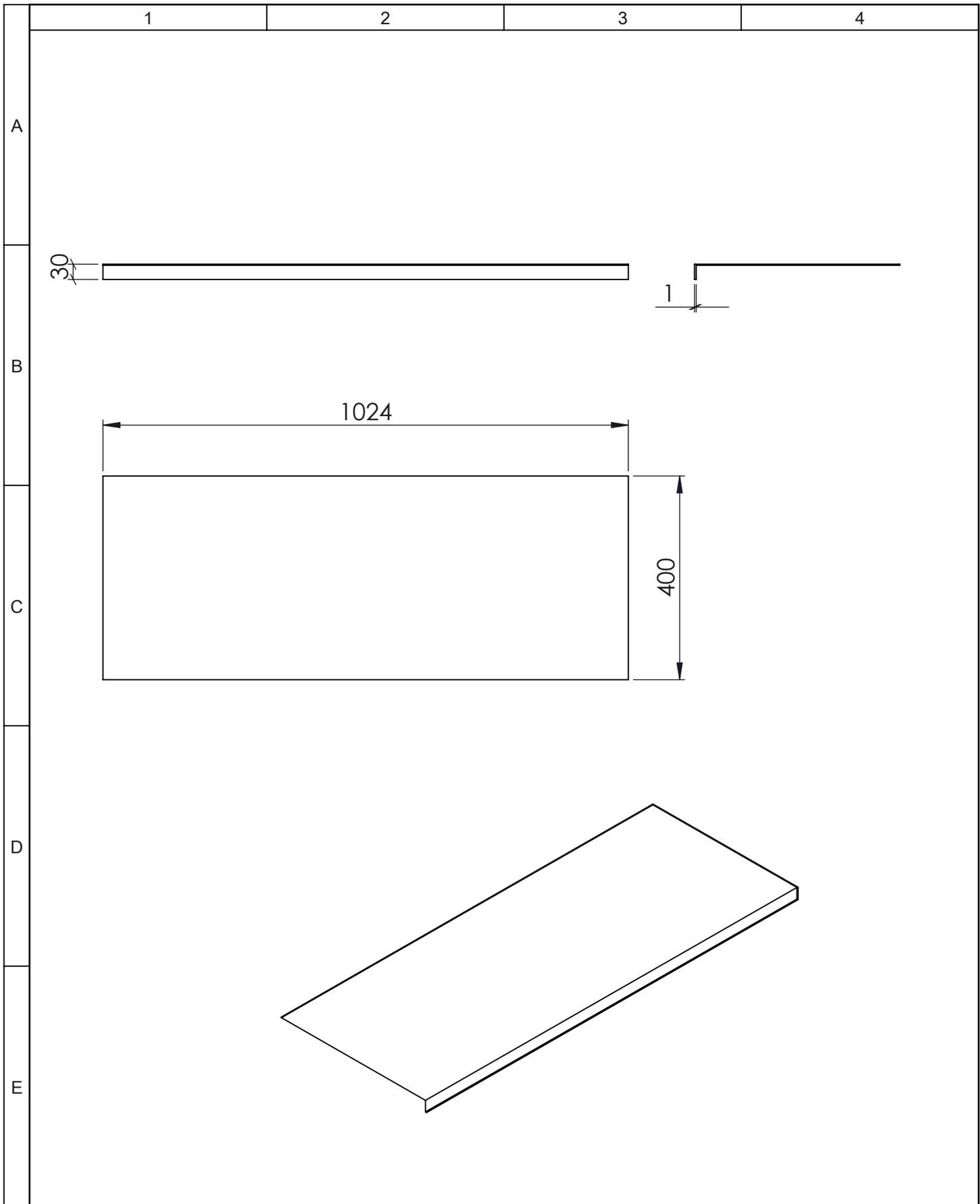


				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±1	4276,68 gr	Acrílico	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 10/08/17	Rodrigo Salazar		
				Revisó: 10/08/17	Ing. Victor Espin		
				Aprobó: 10/08/17	Ing. Victor Espin	<h1>Plancha techo dos</h1>	1:20
				UTA Ing. Mecánica			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

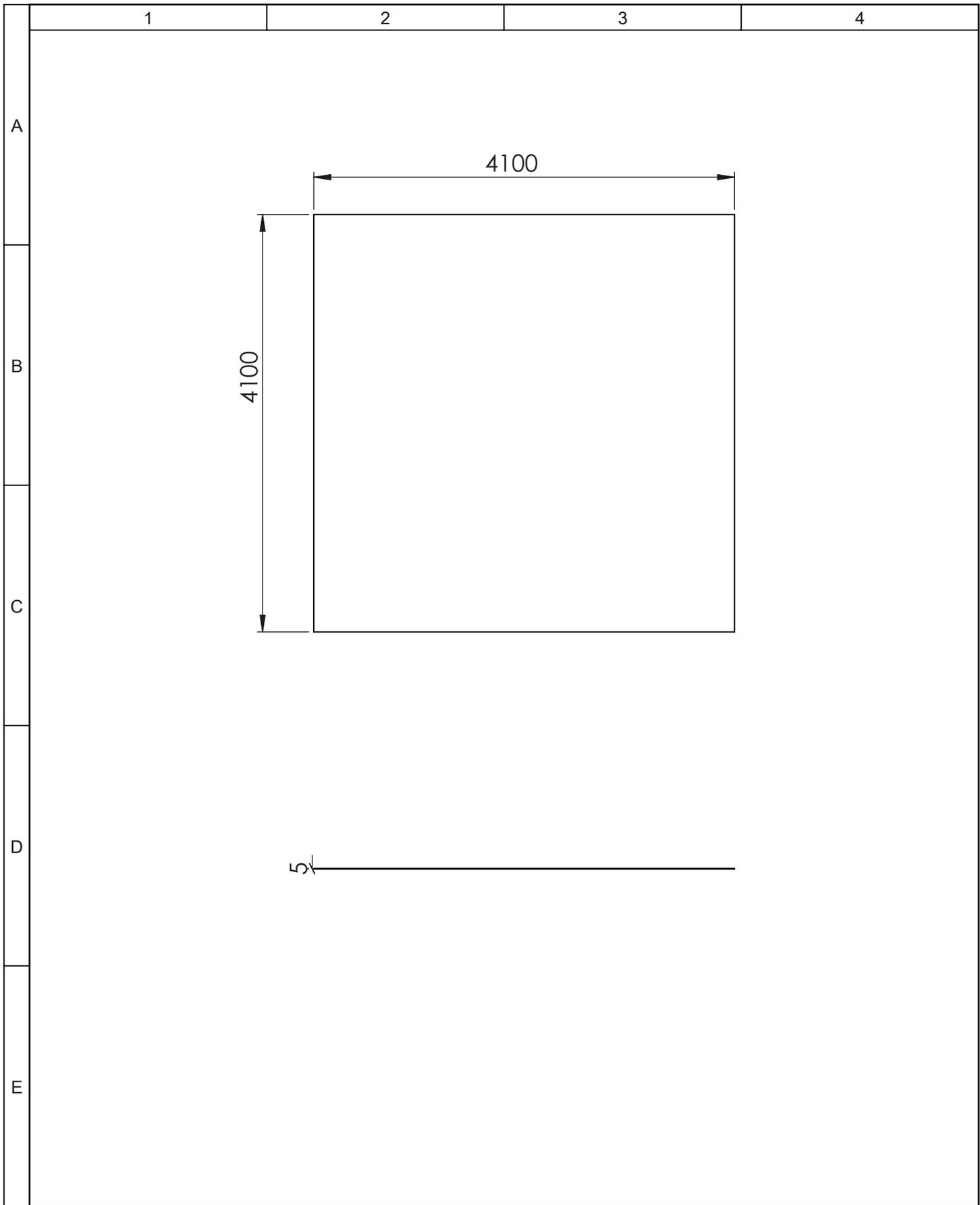


				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±1	4276,68 gr	Acero galvanizado	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
			Dibujó:	10/08/17	Rodrigo Salazar		
			Revisó:	10/08/17	Ing. Víctor Espín		
				Aprobó:	10/08/17	Ing. Víctor Espín	Cubierta lateral techo 1:20
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 19 de 34	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

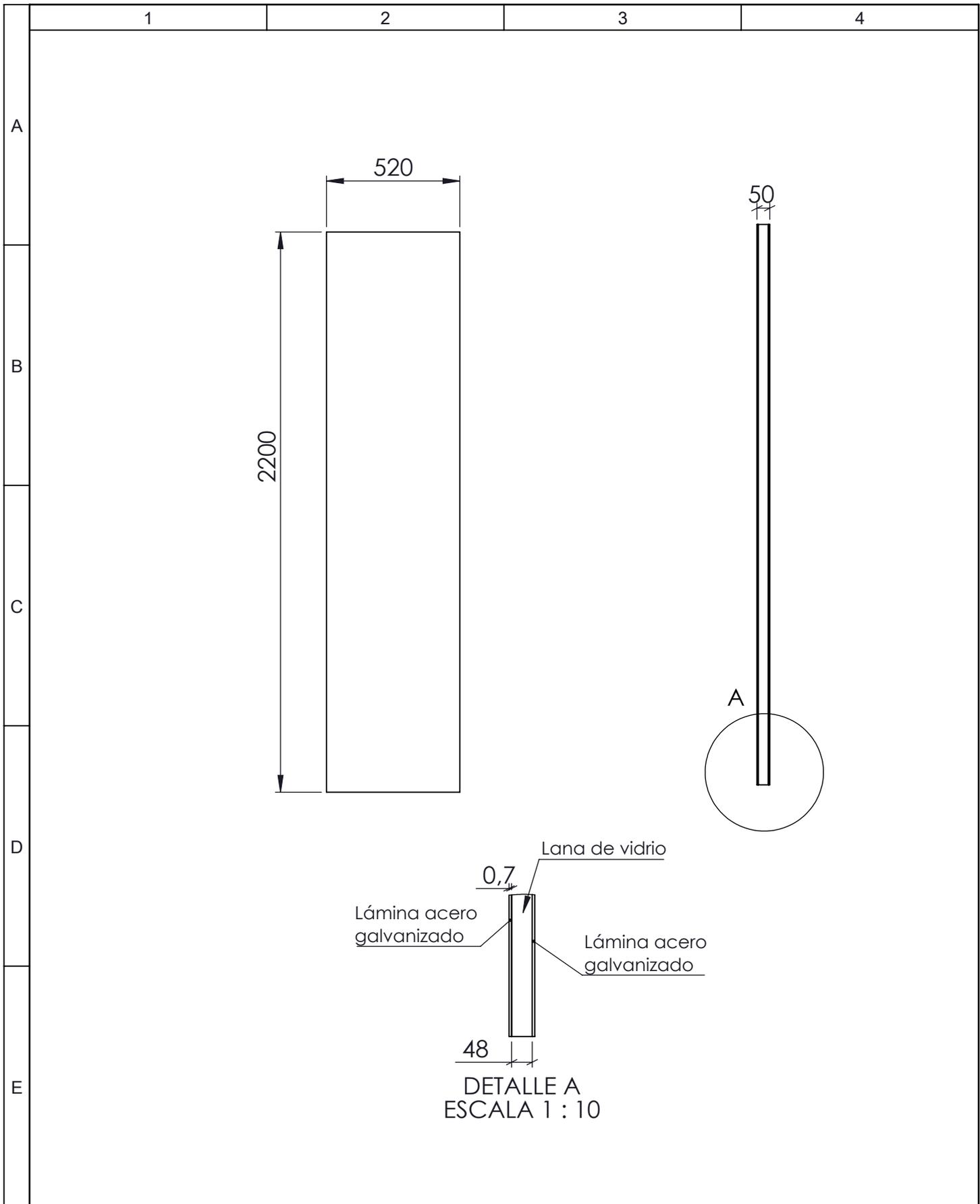




				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±1	2576,68 gr	Acero galvanizado	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 10/08/17	Rodrigo Salazar		
				Revisó: 10/08/17	Ing. Victor Espin		
				Aprobó: 10/08/17	Ing. Victor Espin	Cubierta lateral techo dos	1:20
				UTA Ing. Mecánica			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

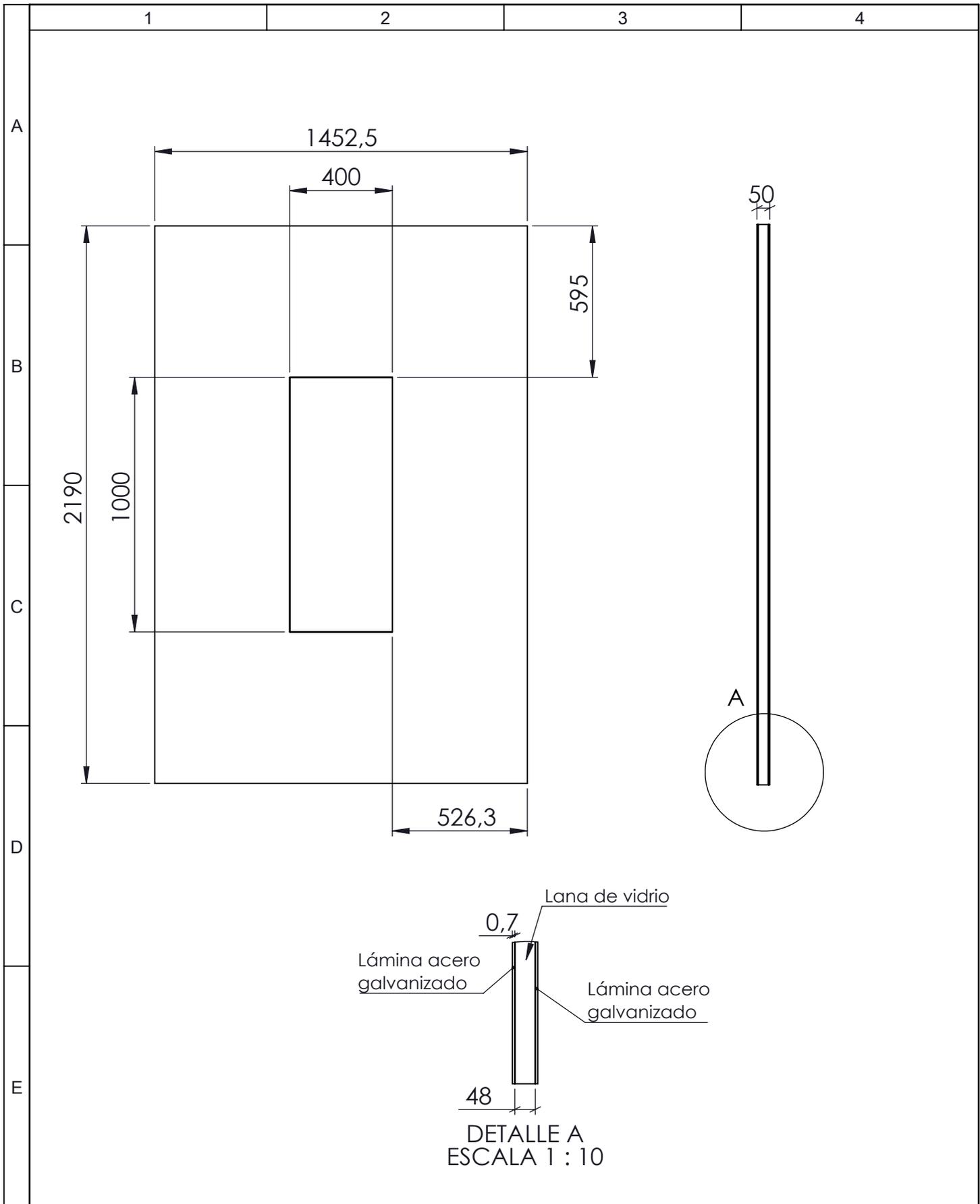


				Tolerancia	(Peso)	Materiales:		
				± 1	3984 gr	Acrílico		
				Fecha	Nombre	Denominación:		Escala:
				Dibujó: 10/08/17	Rodrigo Salazar	Techo superior		1:50
				Revisó: 10/08/17	Ing. Víctor Espín			
				Aprobó: 10/08/17	Ing. Víctor Espín			
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 21 de 34		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)		



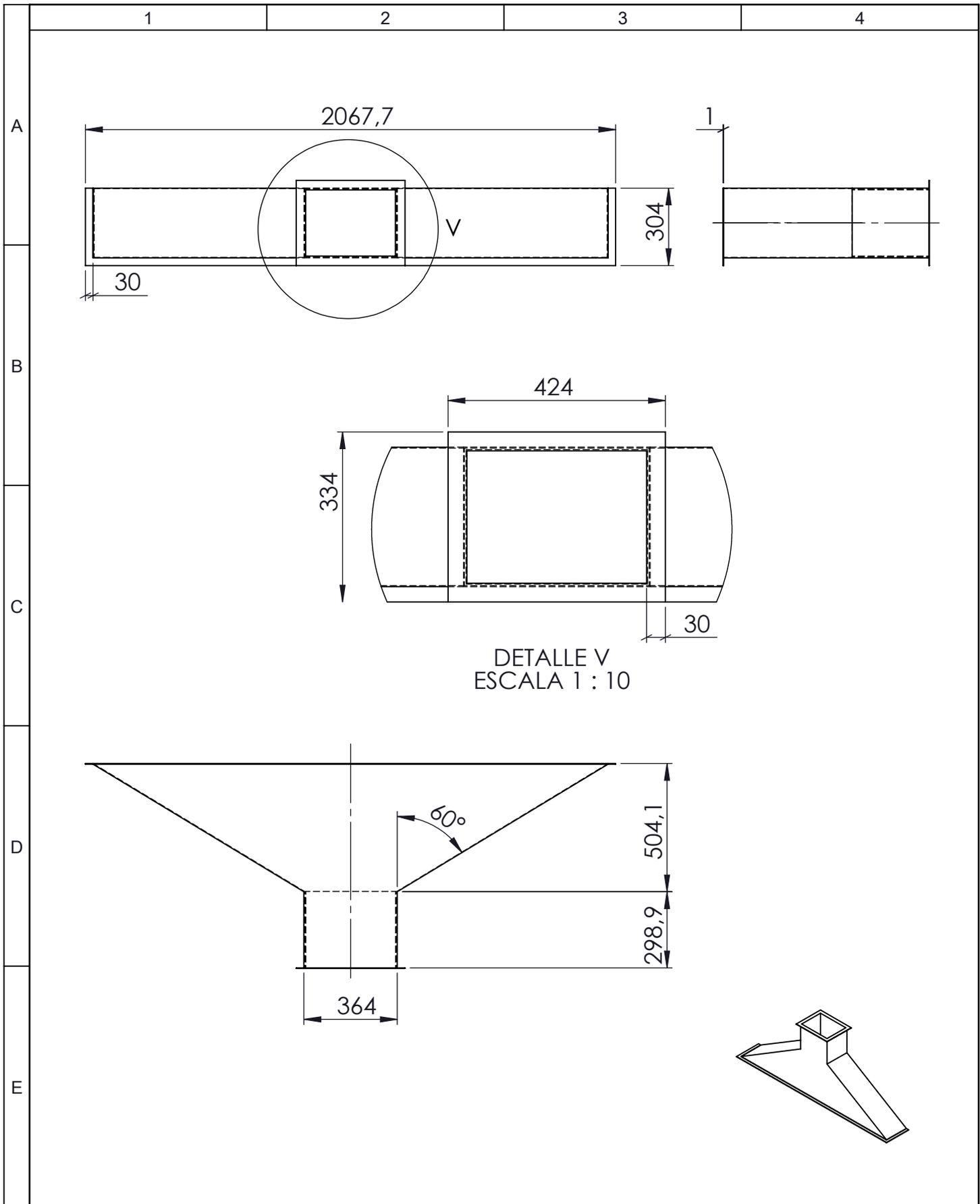
				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±1	6218,4 gr	Varios	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 10/08/17	Rodrigo Salazar		
				Revisó: 10/08/17	Ing. Victor Espin		
				Aprobó: 10/08/17	Ing. Victor Espin	<h1 style="text-align: center;">Pared frontal</h1>	1:20
				UTA Ing. Mecánica			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



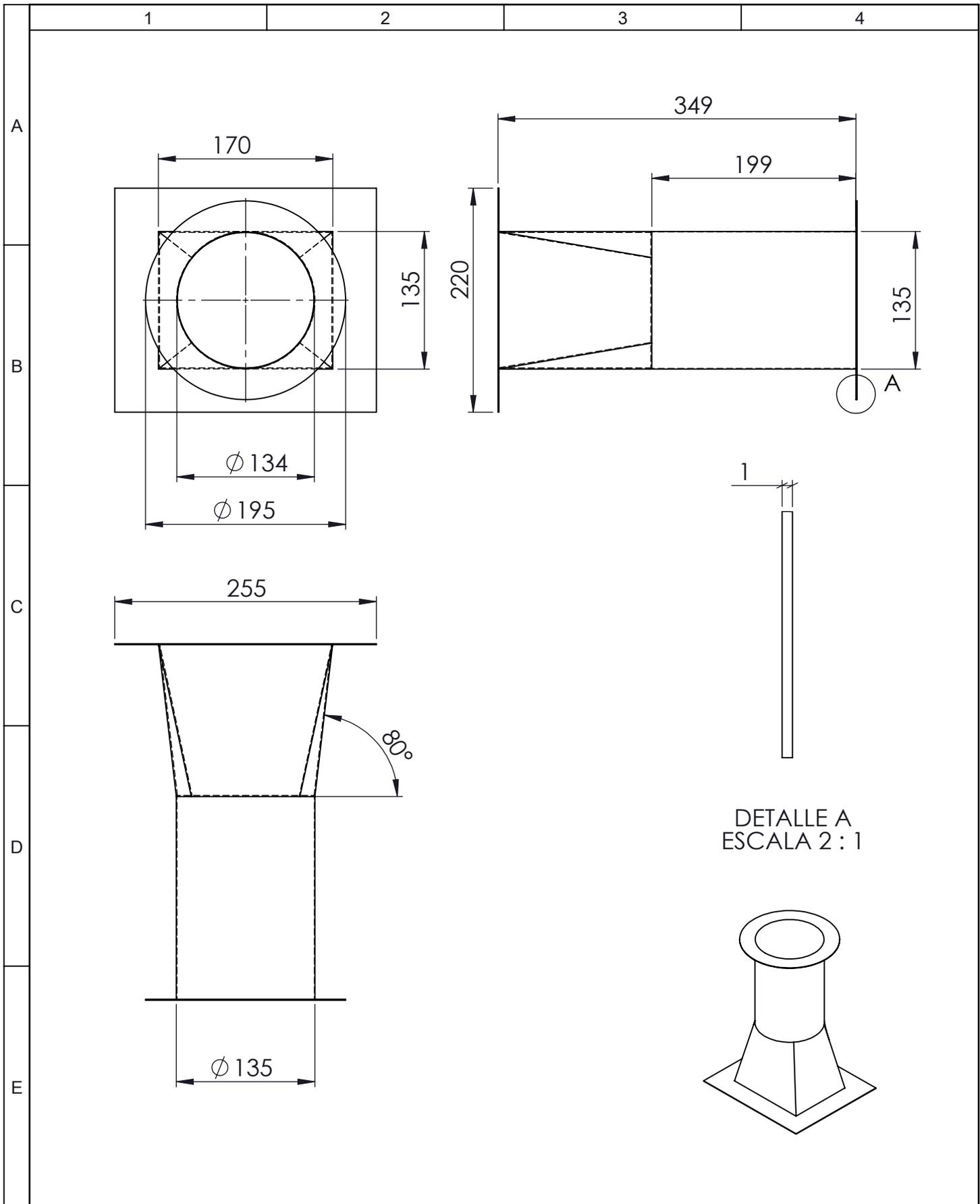


DETALLE A
ESCALA 1 : 10

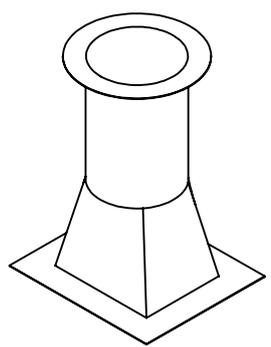
				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±1	5872,1gr	Varios	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 10/08/17	Rodrigo Salazar		
				Revisó: 10/08/17	Ing. Víctor Espín		
				Aprobó: 10/08/17	Ing. Víctor Espín	Número del dibujo: 23 de 34	1:20
				UTA Ing. Mecánica			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				



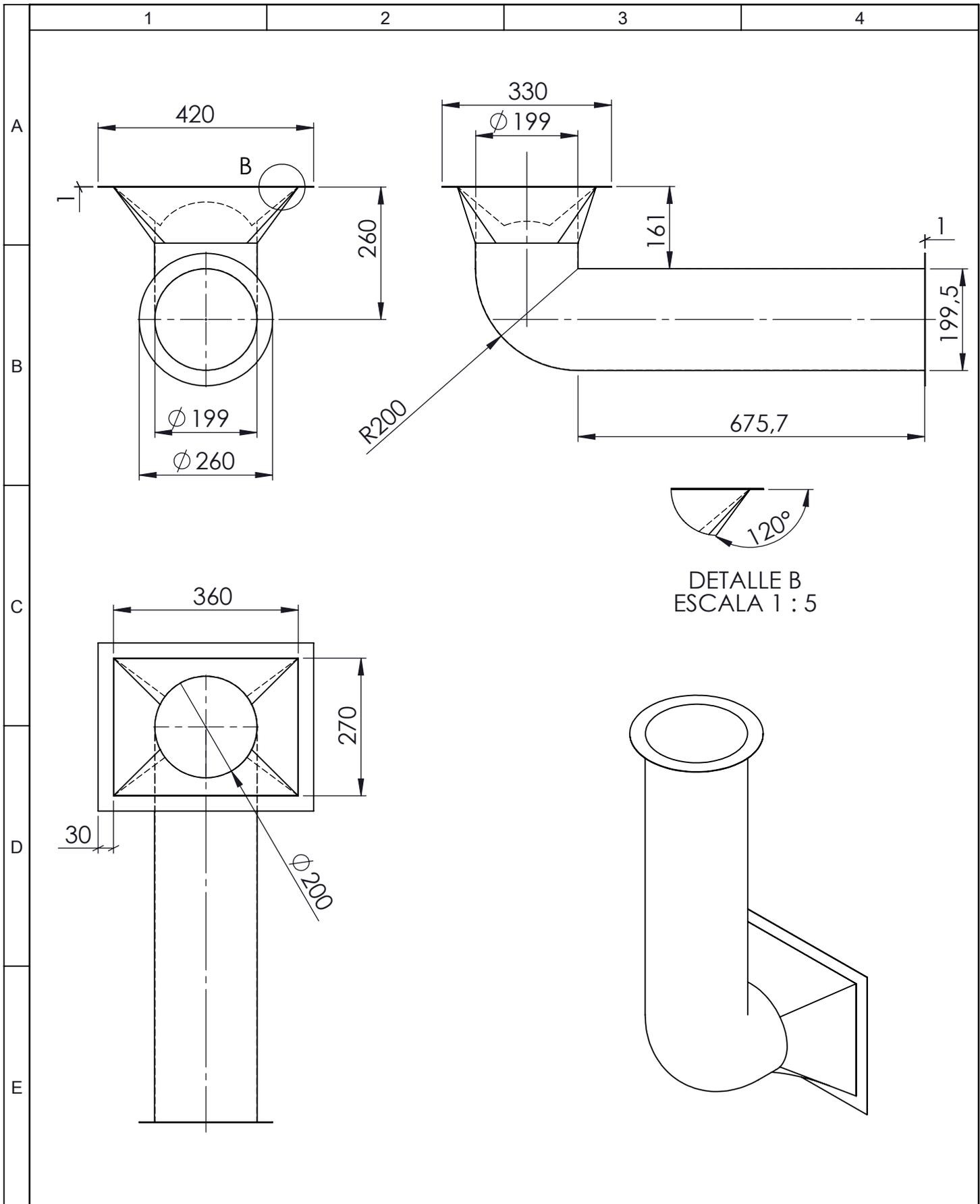
				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±1	10324,31gr	Acero galvanizado	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 10/08/17	Rodrigo Salazar		
				Revisó: 10/08/17	Ing. Victor Espin		
				Aprobó: 10/08/17	Ing. Victor Espin	Toma de aire	1:20
				UTA Ing. Mecánica			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



DETALLE A
ESCALA 2 : 1

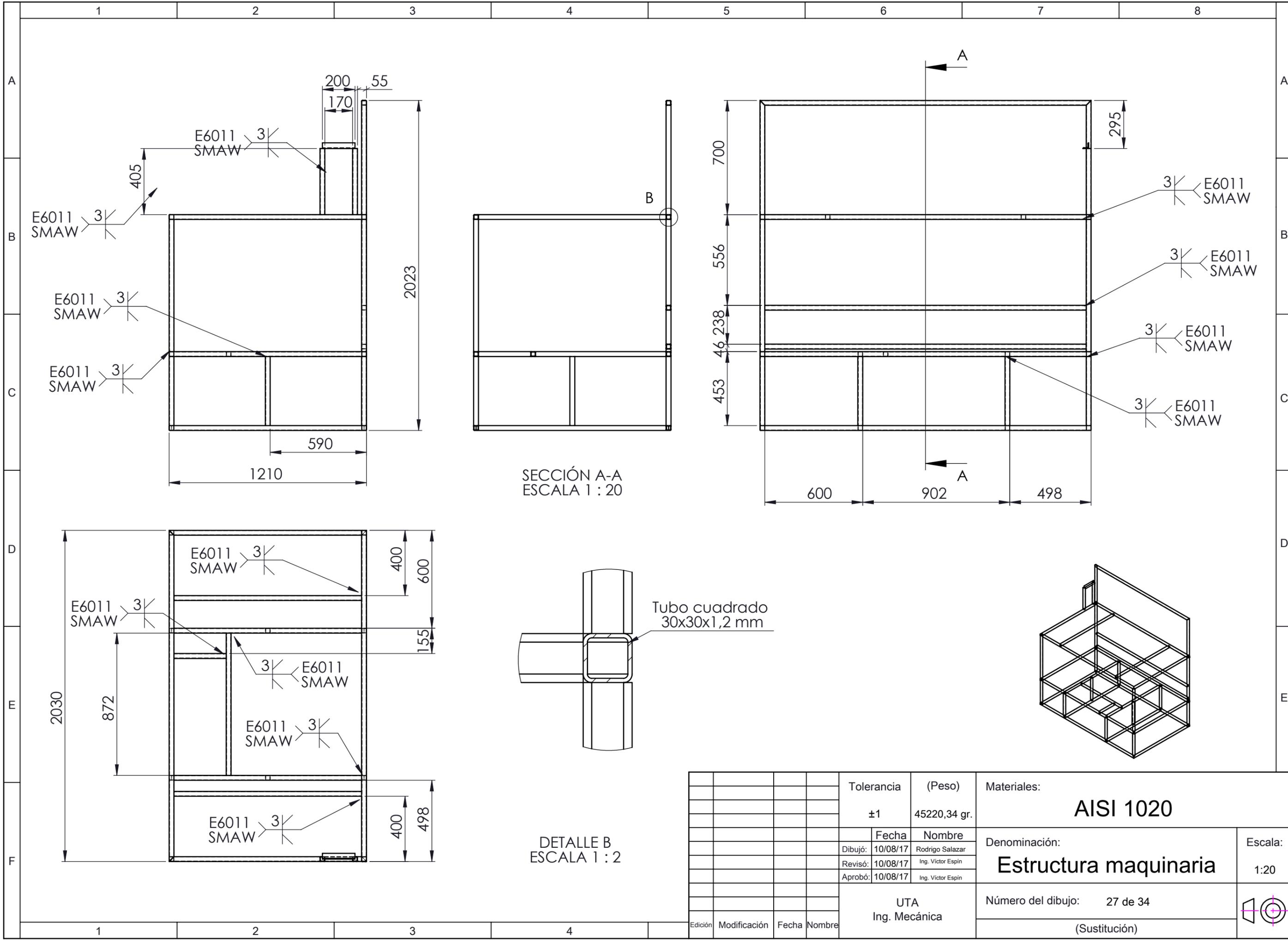


				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±1	1316,55gr	Acero galvanizado	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 10/08/17	Rodrigo Salazar	Ductos intercambiador	1:5
				Revisó: 10/08/17	Ing. Víctor Espín		
				Aprobó: 10/08/17	Ing. Víctor Espín		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 25 de 34	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



DETALLE B
ESCALA 1 : 5

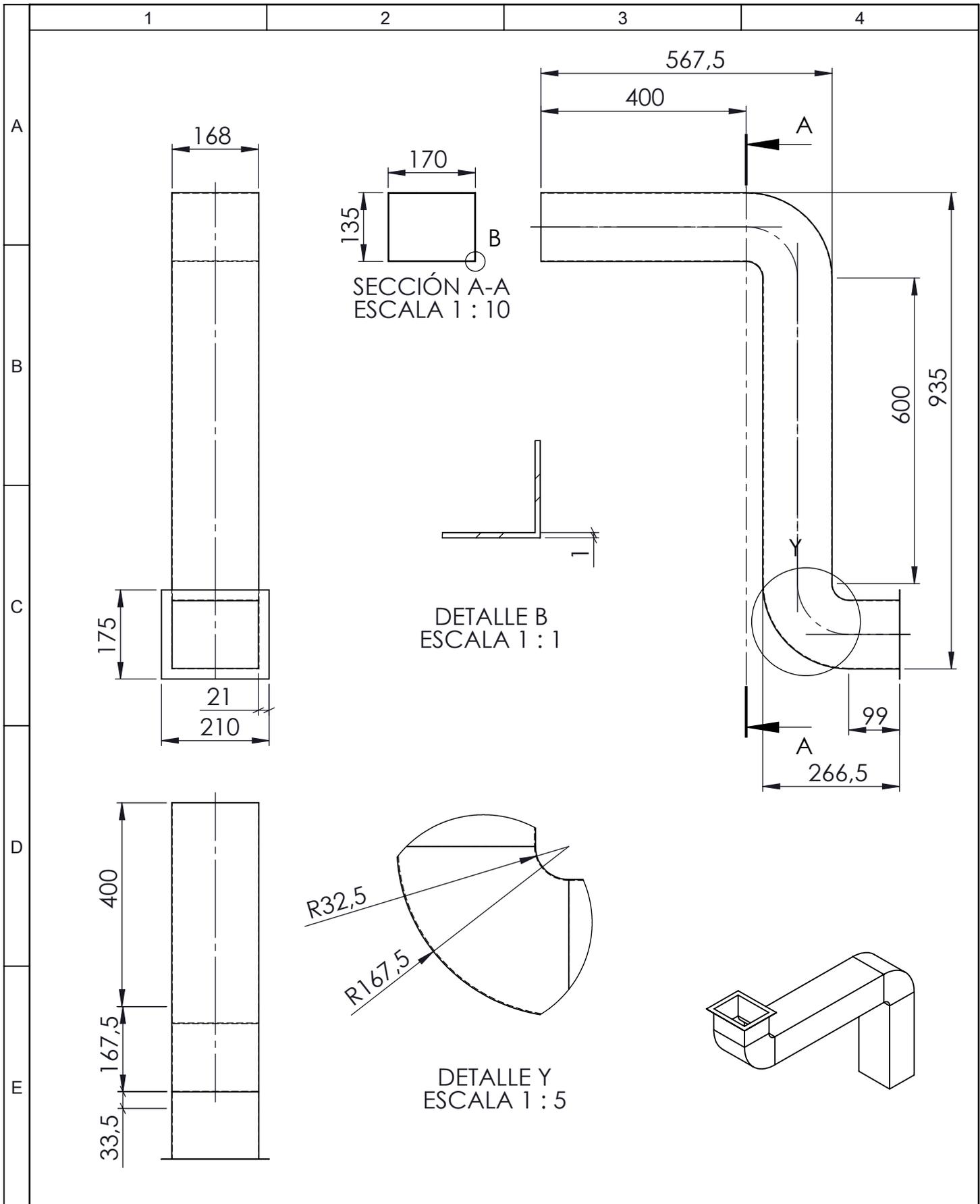
				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				± 1	7565,91gr	Acero galvanizado	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 10/08/17	Rodrigo Salazar	Ducto entrada superior	1:10
				Revisó: 10/08/17	Ing. Víctor Espín		
				Aprobó: 10/08/17	Ing. Víctor Espín		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 26 de 34	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



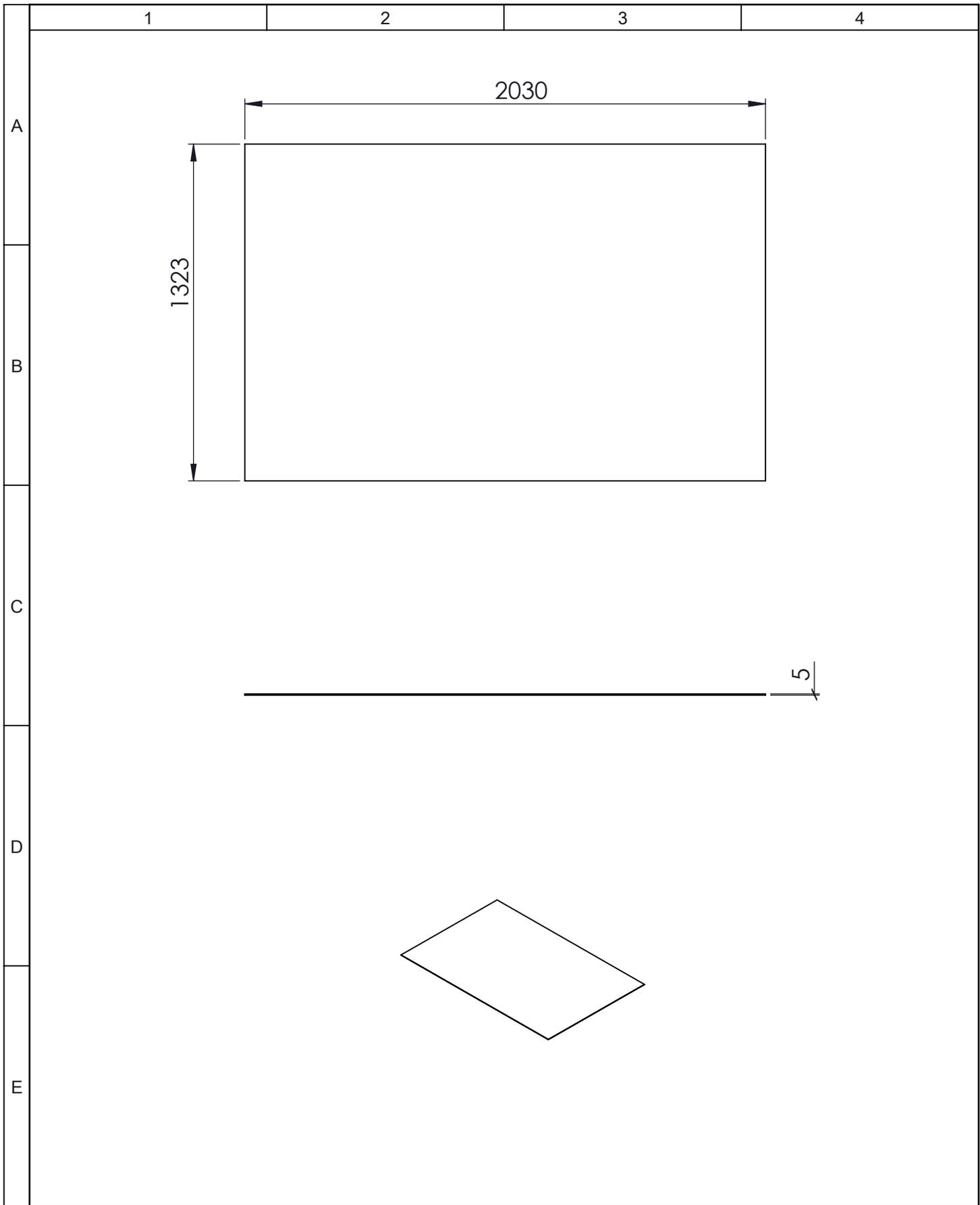
SECCIÓN A-A
ESCALA 1 : 20

DETALLE B
ESCALA 1 : 2

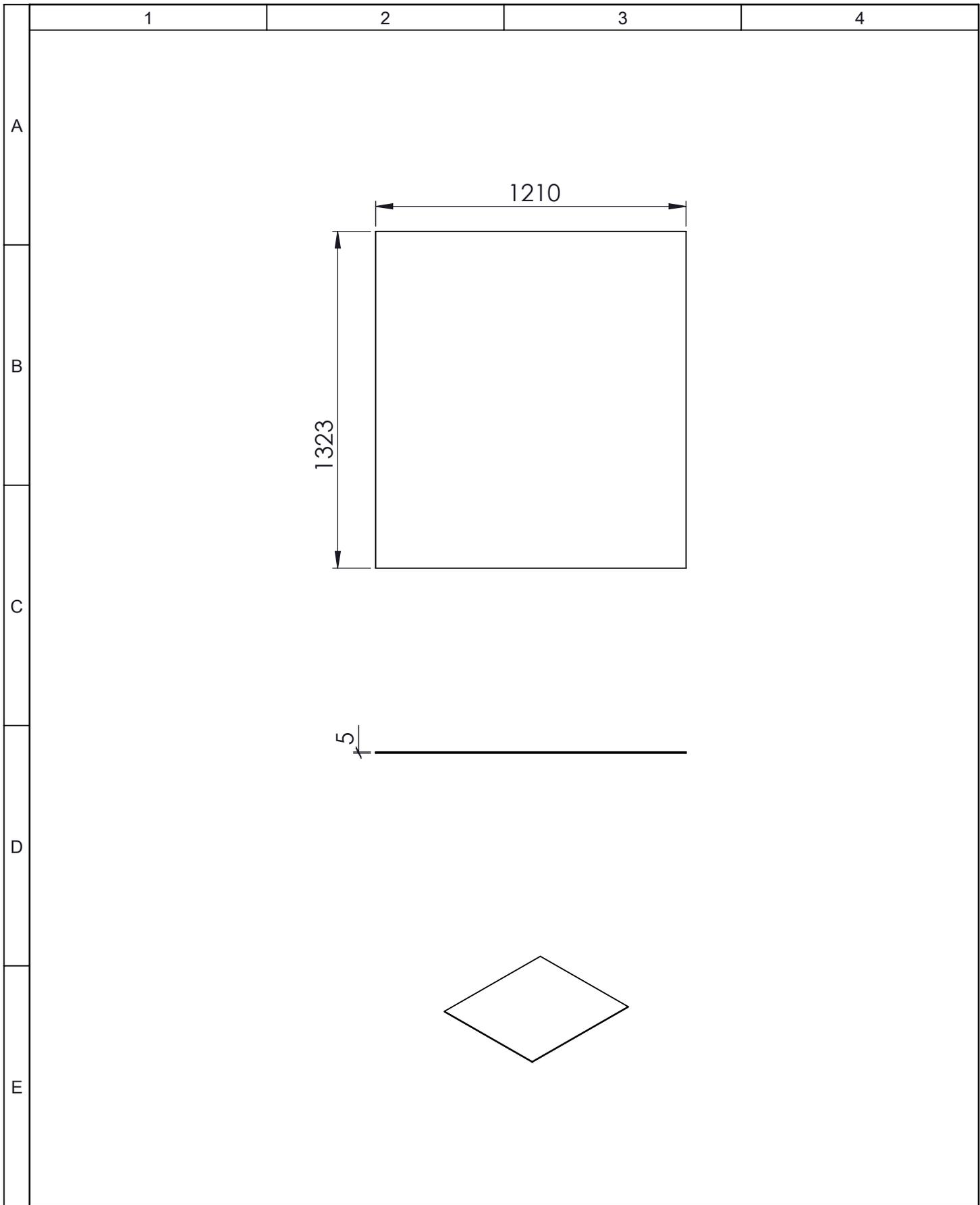
				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±1	45220,34 gr.	AISI 1020	
				Fecha	Nombre	Denominación:	
				Dibujó: 10/08/17	Rodrigo Salazar	Estructura maquinaria	
				Revisó: 10/08/17	Ing. Victor Espin	Escala:	
				Aprobó: 10/08/17	Ing. Victor Espin	1:20	
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 27 de 34	
						(Sustitución)	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				



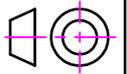
				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±1	6853,04 gr	Acero galvanizado	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
			Dibujó:	10/08/17	Rodrigo Salazar		
			Revisó:	10/08/17	Ing. Víctor Espín		
				Aprobó:	10/08/17	Ing. Víctor Espín	1:10
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 28 de 34	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

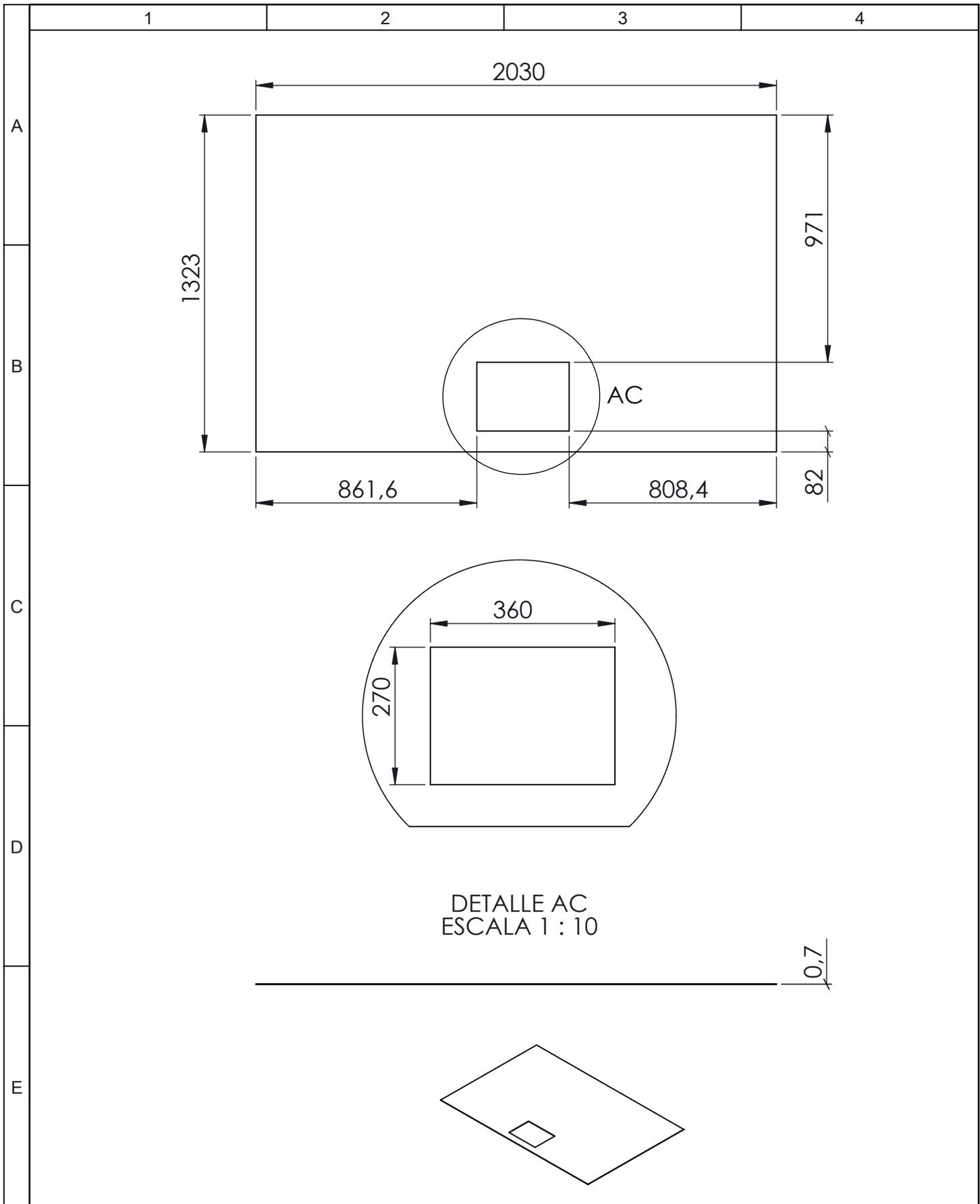


				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±1	8057,08 gr	Acrílico	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 10/08/17	Rodrigo Salazar		
				Revisó: 10/08/17	Ing. Víctor Espín		
				Aprobó: 10/08/17	Ing. Víctor Espín	Protector posterior maquinaria	1:20
				UTA Ing. Mecánica			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



				Tolerancia	(Peso)	Materiales:			
				±1	5198,4 gr	Acrílico			
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:		
				Dibujó: 10/08/17	Rodrigo Salazar			Protector lateral maquinaria	1:20
				Revisó: 10/08/17	Ing. Víctor Espín				
				Aprobó: 10/08/17	Ing. Víctor Espín	Número del dibujo: 30 de 34			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	UTA Ing. Mecánica		(Sustitución)			

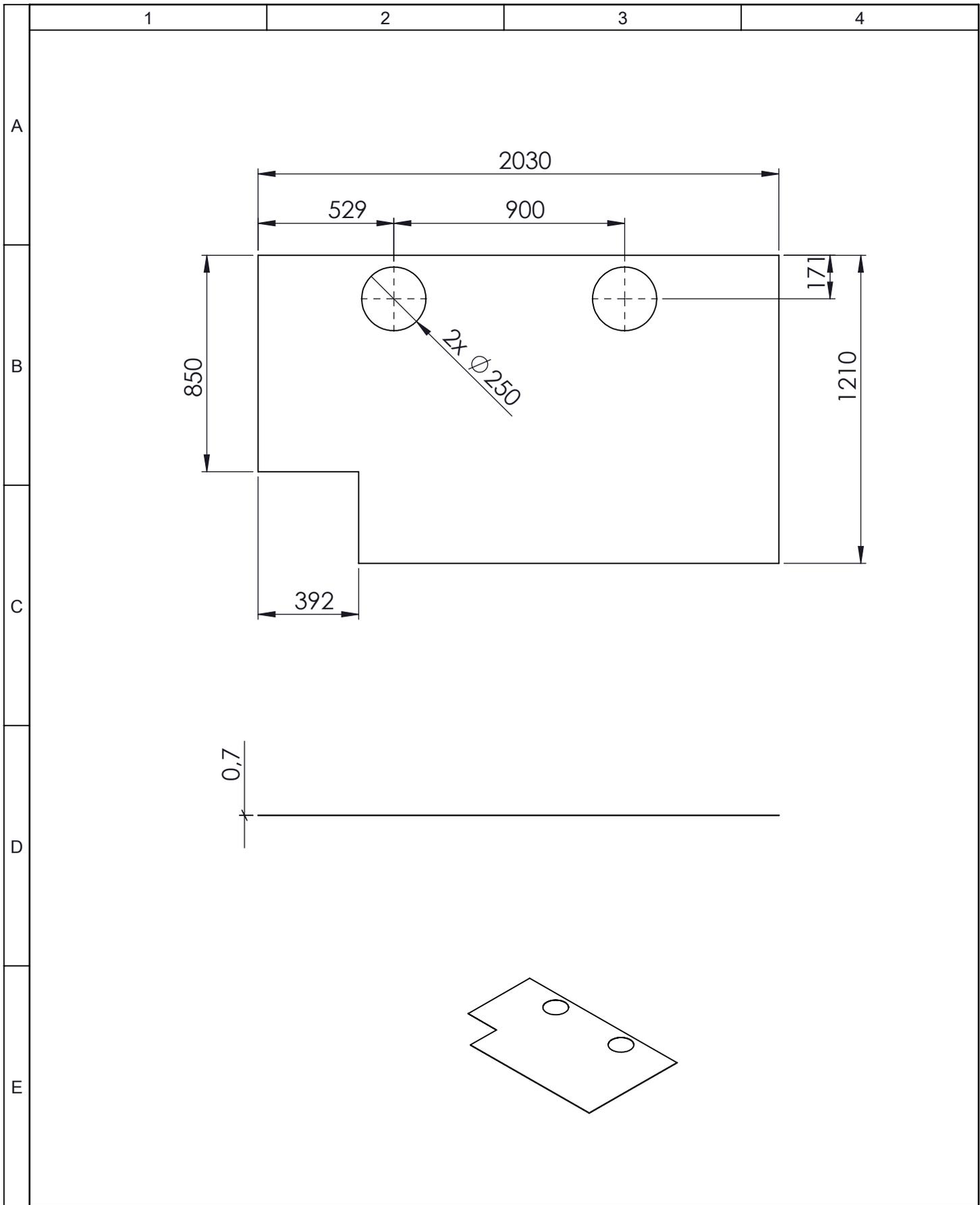




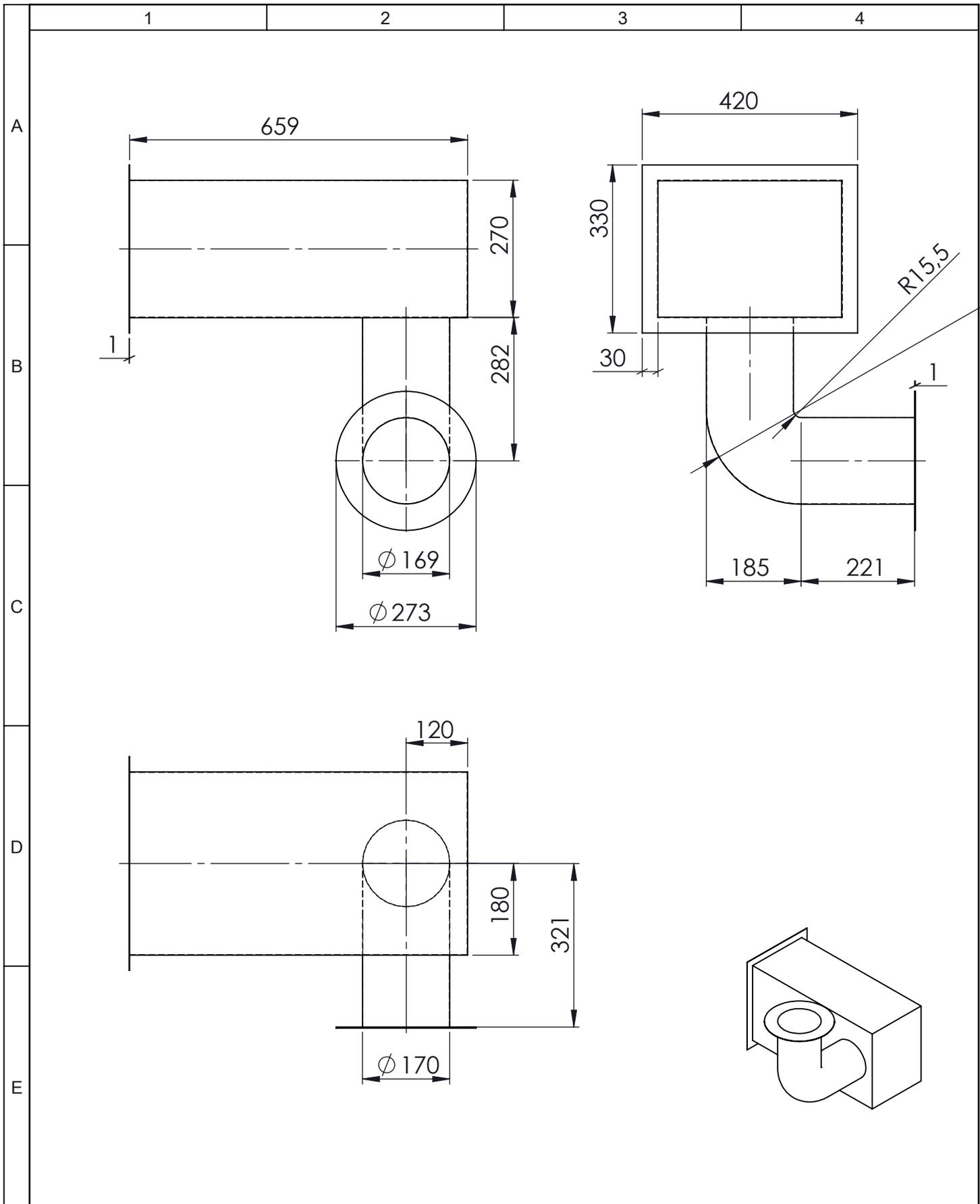
DETALLE AC
ESCALA 1 : 10

0,7

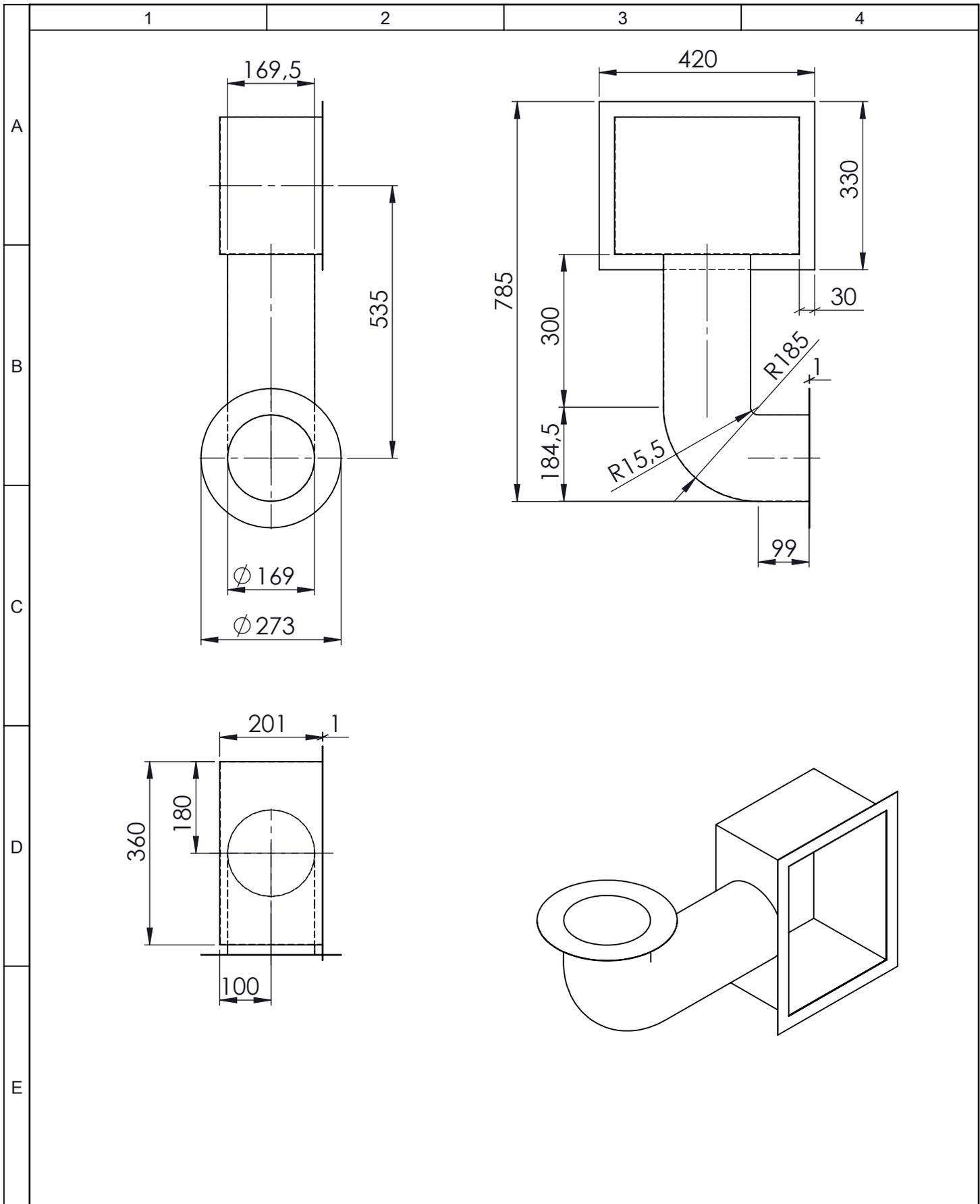
				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±1	10185,71 gr	Acero galvanizado	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 10/08/17	Rodrigo Salazar		
				Revisó: 10/08/17	Ing. Víctor Espín		
				Aprobó: 10/08/17	Ing. Víctor Espín	Protector frontal maquinaria	1:20
				UTA Ing. Mecánica			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±1	8723,91 gr	Acero galvanizado	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 10/08/17	Rodrigo Salazar		
				Revisó: 10/08/17	Ing. Víctor Espín		
				Aprobó: 10/08/17	Ing. Víctor Espín	Protector superior maquinaria	1:20
				UTA Ing. Mecánica			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±1	9168,03 gr	Acero galvanizado	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 10/08/17	Rodrigo Salazar		
				Revisó: 10/08/17	Ing. Víctor Espín		
				Aprobó: 10/08/17	Ing. Víctor Espín	Ducto de extracción	1:20
				UTA Ing. Mecánica			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			33 de 34 (Sustitución)	



				Tolerancia	(Peso)	Materiales:			
				± 1	4330,6 gr	Acero galvanizado			
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:		
				Dibujó: 10/08/17	Rodrigo Salazar			Ducto de aspiración superior	1:10
				Revisó: 10/08/17	Ing. Víctor Espín				
				Aprobó: 10/08/17	Ing. Víctor Espín	Número del dibujo: 34 de 34			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	UTA Ing. Mecánica		(Sustitución)			

