



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA MIXTECA

Diseño de Estación de trabajo para las tareas de diseño y replicado de piezas mecánicas en el Laboratorio de Tecnología Avanzada de Manufactura de la Universidad Tecnológica de la Mixteca

Tesis
para obtener el título de:
INGENIERO EN DISEÑO

Presenta:
ANTONIO PESCE SORIA

Director de tesis:
ARMANDO LÓPEZ TORRES

Huajuapán de León, Oax. febrero del 2024

Dedicatoria

A mis padres, Rosalba Soria Saavedra y Antonio Pesce Gómez, quienes han sido la fuente inagotable de apoyo, amor y aliento a lo largo de mi vida.

Su dedicación incansable y sacrificios para brindarme una educación han sido la base sobre la cual he construido mis logros académicos. Cada desafío que enfrenté fue aliviado por su aliento constante y palabras motivadoras.

Aprecio profundamente todas las noches tardías que pasaron ayudándome con mis estudios, las palabras de aliento que me dieron cuando sentía que no podía seguir adelante y la confianza que depositaron en mí incluso en mis momentos de duda.

A mis hermanas, Carime Dolores Pesce Soria y Aiko Romina Pesce Soria, quienes me han brindado cariño y apoyo incondicional, no hay palabras para cuantificar el agradecimiento que siento por todo lo que han hecho por mí.

A mi pareja Karina Alejandra Ordaz Ramos que durante toda la carrera me apoyó, me comprendió y me enseñó a concentrarme en lo esencial, en lo que vale la pena, y me ayudo a notar lo sublime de las pequeñas cosas.

Este logro es tan suyo como mío, y estoy eternamente agradecido por su amor infinito y apoyo constante.

Agradecimientos

Agradezco enormemente a mi director de tesis el profesor Armando López Torres por su guía invaluable y dedicación durante el proceso de investigación y redacción de esta tesis. Su experiencia, paciencia y compromiso han sido fundamentales para dar forma a este trabajo académico.

Gracias, profesor por su orientación inestimable y por ser un mentor ejemplar. Aprecio enormemente el impacto que ha tenido en mi desarrollo académico y profesional.

Agradezco a mis amigos Ivan Nicolas Perez Fabian, Luis Antonio Sarmiento Morales y quienes me ayudaron a realizar los estudios ergonómicos de este proyecto.

Finalmente, agradezco a todos los profesores que participaron en las entrevistas al comienzo de este proyecto.

Índice

| | |
|---|----|
| Introducción | 21 |
| Capítulo 1. Aspectos preliminares | 23 |
| 1.1 Antecedentes | 23 |
| 1.2 Planteamiento del problema | 24 |
| 1.3 Justificación del problema..... | 27 |
| 1.4 Objetivos | 29 |
| 1.4.1 Objetivo general | 29 |
| 1.4.2 Objetivos específicos y metas..... | 29 |
| 1.5 Metodología | 30 |
| Capítulo 2. Marco conceptual..... | 32 |
| 2.1 Industria Metalmeccánica..... | 33 |
| 2.2 Estación de trabajo..... | 35 |
| 2.3 Metrología | 36 |
| 2.4 Tolerancias en el diseño mecánico y medidas estandarizadas..... | 39 |
| 2.5 Diseño y replicado de piezas mecánicas..... | 41 |
| 2.6 Clasificación de piezas mecánicas..... | 45 |
| 2.7 Antropometría y ergonomía | 54 |
| 2.8 Procedimientos llevados a cabo en la institución | 64 |
| 2.9 Usuario objetivo..... | 65 |
| 2.10 Benchmarking: | 66 |
| Capítulo 3: Análisis conceptual | 72 |

| | |
|--|-----|
| 3.1 Necesidades y requerimientos ergonómicos | 73 |
| 3.2 Necesidades y Requerimientos de los procesos | 76 |
| 3.3 Necesidades y Requerimientos del usuario | 79 |
| 3.4 Mapa conceptual de la arquitectura del sistema | 82 |
| 3.5 Esquema de funcionalidad de los subsistemas | 83 |
| 3.6 Propuestas de diseño | 87 |
| 3.7 Matrices de evaluación de las propuestas de diseño | 99 |
| Capítulo 4: Proceso de diseño | 104 |
| 4.1 Modelo a detalle..... | 110 |
| 4.2 Mecanismo para regular la inclinación | 116 |
| 4.3 Sistema de freno para superficie de dibujo | 118 |
| 4.4 Listas de especificaciones | 119 |
| Capítulo 5: Evaluación..... | 125 |
| 5.1 Análisis estático por método de elemento finito | 125 |
| 5.1.1 Calculo de cargas externas | 128 |
| 5.1.2 Tensiones de Von-Mises | 135 |
| 5.1.3 Desplazamientos | 137 |
| 5.1.4 Factor de seguridad | 138 |
| 5.2 Análisis ergonómico por el método RULA | 140 |
| 5.2.1 Evaluación ergonómica durante la medición | 141 |
| 5.2.2 Evaluación ergonómica durante el bocetado | 152 |
| 5.2.3 Evaluación ergonómica durante el modelado | 164 |
| 5.3 Resultado final | 175 |

| | |
|--|-----|
| 5.4 Conclusión | 177 |
| Referencias | 179 |
| Anexo 1:..... | 183 |
| Anexo 2..... | 185 |
| Anexo 3..... | 204 |
| Anexo 4..... | 223 |
| Planos industriales del módulo 1 | 223 |
| Planos industriales del módulo 2 | 240 |
| Planos industriales del módulo 1 | 250 |

Índice de figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1 Fases de la Metodología de Ulrich y Eppinger | 30 |
| Figura 2 Cortadora Láser | 34 |
| Figura 3 Instrumentos de Medición Directa | 38 |
| Figura 4 Formas de Especificar Tolerancias. | 39 |
| Figura 5 Costo VS Tolerancia en el Maquinado | 40 |
| Figura 6 Diagrama de Flujo del Proceso de Diseño | 42 |
| Figura 7 Molde de Inyección Modelado en Software CAD | 44 |
| Figura 8 Estructura General del Sistema de Clasificación y Codificación Rotacional | 47 |
| Figura 9 Estructura General del Sistema de Clasificación y Codificación No Rotacional | 47 |
| Figura 10 Rueda Dentada | 50 |
| Figura 11 Área Normal y Máxima de la Superficie de Trabajo | 55 |
| Figura 12 Silla con Apoyo Lumbar Adecuado | 55 |
| Figura 13 Consideraciones Ergonómicas en una Estación de Trabajo | 56 |
| Figura 14 Correcto Ángulo de Visión para Pantalla | 57 |
| Figura 15 Medidas de Estudiantes de Sexo Femenino de Pie (Vista Lateral) | 58 |
| Figura 16 Medidas de Estudiante de Sexo Femenino de Pie (Vista Lateral y Frontal) | 59 |
| Figura 17 Medidas de Estudiantes de Sexo Femenino Sentadas | 60 |
| Figura 18 Medidas de Estudiantes de Sexo Masculino de Pie (Vista Lateral) | 61 |
| Figura 19 Medidas de Estudiante de Sexo Masculino de Pie (Vista Lateral y Frontal) | 62 |
| Figura 20 Medidas de Estudiantes de Sexo Masculino Sentados | 63 |
| Figura 21 Restirador de Vidrio Templado | 66 |
| Figura 22 Escritorio Multifuncional | 69 |
| Figura 23 Diagrama de Flujo del Uso de la Estación de Trabajo | 82 |
| Figura 24 Esquema de Relación de Actividades de la Estación de Trabajo | 83 |
| Figura 25 Altura Preliminar de Áreas | 84 |

| | | |
|-----------|---|-----|
| Figura 26 | Propuesta A | 87 |
| Figura 27 | Medidas Generales Propuesta A. | 88 |
| Figura 28 | Movimientos de Asiento y Rangos de Movimiento en la Propuesta A | 89 |
| Figura 29 | Isla de Cuatro Estaciones, Propuesta A | 90 |
| Figura 30 | Propuesta B | 91 |
| Figura 31 | Medidas Generales Propuesta B. | 92 |
| Figura 32 | Movimientos de Asiento y Rango de Movimiento de la Propuesta B. | 93 |
| Figura 33 | Isla de Dos Estaciones de Trabajo, Propuesta B | 94 |
| Figura 34 | Propuesta C | 95 |
| Figura 35 | Medidas Generales Propuesta C. | 96 |
| Figura 36 | Movimientos de Asiento y Rango de Movimiento de la Propuesta C. | 97 |
| Figura 37 | Isla de 4 Estaciones de Trabajo, Propuesta C. | 98 |
| Figura 38 | Silla Ergonómica con Cabecera y Soporte Lumbar. | 103 |
| Figura 39 | Prototipo Digital | 104 |
| Figura 40 | Prototipo Digital con Usuario | 105 |
| Figura 41 | Módulos de la Estación de Trabajo | 106 |
| Figura 42 | Proporción de Usuarios y Estación (Vista superior) | 107 |
| Figura 43 | Proporción de Usuarios y Estación (Vista Lateral) | 107 |
| Figura 44 | Módulo 1 (Almacenamiento de Herramientas) | 110 |
| Figura 45 | Base de la Mesa de Granito y Soportes | 111 |
| Figura 46 | Distribución de las Herramientas en la Espuma | 112 |
| Figura 47 | Módulo 2 (Medición de piezas) | 113 |
| Figura 48 | Módulo 3 (Bocetado y modelado) | 114 |
| Figura 49 | Sistema de Dibujo | 115 |
| Figura 50 | Soleras de Unión (Módulo 3) | 115 |
| Figura 51 | Partes de un Actuador Lineal | 116 |
| Figura 52 | Mecanismo para Regular la Inclinación | 117 |

| | |
|--|-----|
| Figura 53 Sistema de Freno _____ | 118 |
| Figura 54 Elementos de Fabricación Especial y Prefabricados (Módulo 1) _____ | 119 |
| Figura 55 Elementos de Fabricación Especial y Prefabricados (Módulo 2) _____ | 121 |
| Figura 56 Elementos de Fabricación Especial y Prefabricados (Módulo 3) _____ | 123 |
| Figura 57 Representación de Malla para Análisis Estático _____ | 126 |
| Figura 58 Piezas que Conforman el Módulo 1 _____ | 128 |
| Figura 59 Piezas que Conforman el Módulo 2 _____ | 130 |
| Figura 60 Piezas que Conforman el Módulo 3 _____ | 132 |
| Figura 61 Ubicación y Magnitud de Fuerzas _____ | 134 |
| Figura 62 Gráfica de Von Mises _____ | 135 |
| Figura 63 Gráfica de Desplazamientos _____ | 137 |
| Figura 64 Gráfica de Factor de Seguridad _____ | 139 |
| Figura 65 Postura Adoptada Durante la Medición. _____ | 141 |
| Figura 66 Angulo del Brazo Durante la Medición en la Propuesta _____ | 142 |
| Figura 67 Angulo del Antebrazo Durante la Medición en la Propuesta _____ | 143 |
| Figura 68 Ángulo de la Muñeca Durante la Medición en la Propuesta _____ | 144 |
| Figura 69 Desviación Cubital Durante la Medición en la Propuesta _____ | 145 |
| Figura 70 Angulo Formado Entre el Cuello y el Tronco Durante la Medición en la Propuesta _ | 146 |
| Figura 71 Ángulo del Tronco Durante la Medición en la Propuesta _____ | 147 |
| Figura 72 Posición de Piernas Durante la Medición en la Propuesta _____ | 148 |
| Figura 73 Postura Adoptada Durante el Bocetado _____ | 152 |
| Figura 74 Angulo del Brazo Durante el Bocetado en la Propuesta _____ | 153 |
| Figura 75 Reposabrazos Ajustable _____ | 154 |
| Figura 76 Angulo del Antebrazo Durante el Bocetado en la Propuesta _____ | 155 |
| Figura 77 Ángulo de la Muñeca Durante el Bocetado en la Propuesta _____ | 156 |
| Figura 78 Desviación Cubital Durante el Bocetado en la Propuesta _____ | 157 |
| Figura 79 Angulo Formado Entre el Cuello y el Tronco Durante el Bocetado en la Propuesta _ | 158 |

| | | |
|------------|--|-----|
| Figura 80 | Ángulo del Tronco Durante la Medición en la Propuesta | 159 |
| Figura 81 | Posición de Piernas Durante el Bocetado en la Propuesta | 160 |
| Figura 82 | Postura Adoptada Durante el Modelado. | 164 |
| Figura 83 | Angulo del Brazo Durante el Modelado en la Propuesta | 165 |
| Figura 84 | Angulo del Antebrazo Durante el Modelado en la Propuesta | 166 |
| Figura 85 | Ángulo de la Muñeca Durante el Modelado en la Propuesta | 167 |
| Figura 86 | Desviación Cubital Durante el Modelado en la Propuesta | 168 |
| Figura 87 | Angulo Formado Entre el Cuello y el Tronco Durante el Modelado en la Propuesta. | 169 |
| Figura 88 | Ángulo del Tronco Durante el Modelado en la Propuesta | 170 |
| Figura 89 | Posición de Piernas Durante el Modelado en la Propuesta | 171 |
| Figura 90 | Isométrico de Propuesta Final | 175 |
| Figura 91 | Vista Lateral de Propuesta Final | 176 |
| Figura 92 | Estructura General del Sistema de Clasificación KK-3 de Piezas Rotacionales | 185 |
| Figura 93 | Dígitos I y II (Clasificación por Nombre) de Piezas Rotacionales | 186 |
| Figura 94 | Dígitos III y IV (Clasificación por Material) de Piezas Rotacionales | 186 |
| Figura 95 | Dígitos V, VI y VII (Clasificación por Dimensiones Principales) de Piezas Rotacionales | 187 |
| Figura 96 | Dígito VIII (Superficie Externa, Forma Externa General) de Piezas Rotacionales | 187 |
| Figura 97 | Dígito IX (Superficie Externa General, Rosca Concéntrica) de Piezas Rotacionales | 188 |
| Figura 98 | Dígito X (Superficie Externa, Ranura Funcional) de Piezas Rotacionales | 188 |
| Figura 99 | Dígito XI (Superficie Externa, Forma Irregular) de Piezas Rotacionales | 189 |
| Figura 100 | Dígito XII (Superficie Externa, Superficies Formadas) de Piezas Rotacionales | 189 |
| Figura 101 | Dígito XIII (Superficie Externa, Superficies Cíclicas) de Piezas Rotacionales | 190 |
| Figura 102 | Dígito XIV (Superficie Interna, Forma Interna General) de Piezas Rotacionales | 190 |
| Figura 103 | Dígito XV (Superficie Interna, Forma Interna Curva) de Piezas Rotacionales | 191 |
| Figura 104 | Dígito XVI (Sup. Interna, Superficies Internas Planas y Cíclicas) de Piezas Rotacionales | 191 |
| Figura 105 | Dígito XVII (Superficie Lateral) de Piezas Rotacionales | 192 |

| | |
|--|-----|
| Figura 106 Dígito XVIII (Perforaciones No Concéntricas, Patrón de Perforaciones) de Piezas Rotacionales _____ | 192 |
| Figura 107 Dígito XIX (Perforaciones no Concéntricas, Perforaciones Especiales) de Piezas Rotacionales _____ | 193 |
| Figura 108 Dígito XX (Procesos de Desprendimiento de Viruta) de Piezas Rotacionales _____ | 193 |
| Figura 109 Dígito XXI (Exactitud) de Piezas Rotacionales _____ | 194 |
| Figura 110 Estructura General del Sistema de Clasificación KK-3 para Piezas no Rotacionales | 195 |
| Figura 111 Dígitos I y II (Clasificación por Nombre) de Piezas NO Rotacionales _____ | 195 |
| Figura 112 Dígitos III y IV (Clasificación por Material) de Piezas NO Rotacionales _____ | 196 |
| Figura 113 Dígitos V, VI, VII (Dimensiones Principales) de Piezas NO Rotacionales _____ | 196 |
| Figura 114 Dígitos VIII y IX (Tipo de Forma, Dirección y Ángulo de Doblado) de Piezas NO Rotacionales _____ | 197 |
| Figura 115 Dígito X (Superficie Externa, Superficie Plana Externa) de Piezas NO Rotacionales | 197 |
| Figura 116 Dígito XI (Superficie Externa, Superficie Curva Externa) de Piezas NO Rotacionales | 198 |
| Figura 117 Dígito XII (Sup. Externa, Forma Principal de la Superficie Externa) de Piezas NO Rotacionales _____ | 198 |
| Figura 118 Dígito XIII (Superficies Externas Cíclicas y Auxiliares) de Piezas NO Rotacionales ____ | 199 |
| Figura 119 Dígito XIV (Perforación Principal, Dirección y Escalonamiento) de Piezas NO Rotacionales _____ | 199 |
| Figura 120 Dígito XV (Perforación Principal, Roscas y Otras Superficies) de Piezas NO Rotacionales _____ | 200 |
| Figura 121 Dígito XVI (Otras Superficies Internas Diferentes a la Perforación Principal) de Piezas NO Rotacionales _____ | 200 |
| Figura 122 Dígito XVII (Perforaciones Auxiliares / Dirección) de Piezas NO Rotacionales _____ | 201 |
| Figura 123 Dígito XVIII (Perforaciones Auxiliares, Forma) de Piezas NO Rotacionales _____ | 201 |
| Figura 124 Dígito XIX (Perforación Auxiliar, Perforaciones Especiales) de Piezas NO Rotacionales _____ | 202 |

| | |
|---|-----|
| Figura 125 Dígito XX (Procesos sin Desprendimiento de Viruta) de Piezas NO Rotacionales | 202 |
| Figura 126 Dígito XXI (Exactitud) de Piezas NO Rotacionales | 203 |
| Figura 127 Postura Adoptada en la Estación de Trabajo de Air Design de la Estación Ocupada en Air Design | 204 |
| Figura 128 Ángulo del Brazo de la Estación Ocupada en Air Design | 205 |
| Figura 129 Ángulo del Antebrazo de la Estación Ocupada en Air Design | 206 |
| Figura 130 Ángulo de la Muñeca de la Estación Ocupada en Air Design | 207 |
| Figura 131 Ángulo del Cuello de la Estación Ocupada en Air Design | 208 |
| Figura 132 Ángulo del Tronco Respecto a la Vertical de la Estación ocupada en Air Design | 209 |
| Figura 133 Puntuación de las Piernas de la Estación Ocupada en Air Design | 210 |
| Figura 134 Postura Adoptada Durante la Medición en la Estación del Laboratorio de Tecnología Avanzada de Manufactura. | 213 |
| Figura 135 Ángulo del Brazo en la Estación del Laboratorio de Tecnología Avanzada de Manufactura | 214 |
| Figura 136 Ángulo del Antebrazo en Estación del Laboratorio de Tecnología Avanzada de Manufactura. | 215 |
| Figura 137 Ángulo de la Muñeca en la Estación del Laboratorio de Tecnología Avanzada de Manufactura | 216 |
| Figura 138 Ángulo del Cuello en la Estación del Laboratorio de Tecnología Avanzada de Manufactura | 217 |
| Figura 139 Ángulo del Tronco Respecto a la Vertical en la Estación de Trabajo del Laboratorio de Tecnología Avanzada de Manufactura | 218 |
| Figura 140 Puntuación de las Piernas en la Estación del Laboratorio de Tecnología Avanzada de Manufactura | 219 |

Índice de tablas

| | | |
|----------|---|-----|
| Tabla 1 | Clasificación de Características de Piezas Rotacionales | 48 |
| Tabla 2 | Código Resultante de Ejemplo de Clasificación de Pieza Rotacional | 50 |
| Tabla 3 | Clasificación de Características de Piezas NO Rotacionales | 52 |
| Tabla 4 | Requerimientos y Características Objeto 1 (Benchmarking) | 67 |
| Tabla 5 | Requerimientos y Características Objeto 2 (Benchmarking) | 69 |
| Tabla 6 | Características Positivas y Negativas Aplicables al Proyecto | 71 |
| Tabla 7 | Lista de Necesidades Ergonómicas | 73 |
| Tabla 8 | Grupos de Requerimientos Ergonómicos | 73 |
| Tabla 9 | Valor de Importancia de Requerimientos Ergonómicos | 74 |
| Tabla 10 | Lista de Necesidades de los Procesos | 76 |
| Tabla 11 | Grupos de Requerimientos de los Procesos | 76 |
| Tabla 12 | Valor de Importancia de Requerimientos de los Procesos | 77 |
| Tabla 13 | Lista de Necesidades del Usuario | 79 |
| Tabla 14 | Grupos de requerimientos del usuario | 79 |
| Tabla 15 | Valor de importancia de requerimientos del usuario | 80 |
| Tabla 16 | Requerimientos de Áreas | 85 |
| Tabla 17 | Evaluación de Criterios Ergonómicos (Propuestas A, B y C) | 99 |
| Tabla 18 | Evaluación de Criterios Relacionados con los Procesos (Propuestas A, B y C) | 100 |
| Tabla 19 | Evaluación de Criterios Relacionados con los Usuarios (Propuestas A, B y C) | 101 |
| Tabla 20 | Criterios de diseño (Propuestas A, B y C) | 102 |
| Tabla 21 | Puntuación Final de Propuestas de Diseño | 102 |
| Tabla 22 | Características geométricas y dimensionales medibles en la propuesta | 108 |
| Tabla 23 | Clasificación de Elementos Prefabricados y de Fabricación Especial del Módulo 1 | 119 |
| Tabla 24 | Clasificación de Elementos Prefabricados y de Fabricación Especial del Módulo 2 | 121 |
| Tabla 25 | Clasificación de Elementos Prefabricados y de Fabricación Especial del Módulo 3 | 123 |

| | | |
|----------|--|-----|
| Tabla 26 | <i>Propiedades Físicas del Acero ASTM A36</i> | 127 |
| Tabla 27 | <i>División de Cargas del Módulo 1</i> | 128 |
| Tabla 28 | <i>División de Cargas del Módulo 2</i> | 130 |
| Tabla 29 | <i>División de Cargas del Módulo 3</i> | 133 |
| Tabla 30 | <i>Ángulo del Brazo en la Propuesta</i> | 142 |
| Tabla 31 | <i>Ángulo del Antebrazo Durante la Medición en la Propuesta</i> | 143 |
| Tabla 32 | <i>Ángulo de la Muñeca Durante la Medición en la Propuesta</i> | 144 |
| Tabla 33 | <i>Puntuación del Ángulo Entre Cuello y Tronco Durante la Medición en la Propuesta</i> | 146 |
| Tabla 34 | <i>Puntuación del Tronco Durante la Medición en la Propuesta</i> | 147 |
| Tabla 35 | <i>Puntuación de Piernas Durante la Medición en la Propuesta</i> | 148 |
| Tabla 36 | <i>Puntuación Total de la Postura Adoptada Durante la Medición</i> | 149 |
| Tabla 37 | <i>Puntuación Final del Grupo A Durante la Medición en la Propuesta</i> | 149 |
| Tabla 38 | <i>Puntuación Final del Grupo B Durante la Medición en la Propuesta</i> | 150 |
| Tabla 39 | <i>Puntuación Final de la Propuesta Durante la Medición</i> | 150 |
| Tabla 40 | <i>Puntuación para Determinar la Necesidad del Rediseño de la Propuesta Durante la Medición.</i> | 151 |
| Tabla 41 | <i>Ángulo del Brazo Durante el Bocetado en la Propuesta</i> | 153 |
| Tabla 42 | <i>Ángulo del Antebrazo Durante el Bocetado en la Propuesta</i> | 155 |
| Tabla 43 | <i>Ángulo de la Muñeca Durante el Bocetado en la Propuesta</i> | 156 |
| Tabla 44 | <i>Puntuación del Ángulo Entre Cuello y Tronco Durante el Bocetado en la Propuesta</i> | 158 |
| Tabla 45 | <i>Puntuación del Tronco Durante la Medición en la Propuesta</i> | 159 |
| Tabla 46 | <i>Puntuación de Piernas Durante el Bocetado en la Propuesta</i> | 160 |
| Tabla 47 | <i>Puntuación Total de la Propuesta Durante el Bocetado</i> | 161 |
| Tabla 48 | <i>Puntuación Final del Grupo A Durante el Bocetado en la Propuesta</i> | 162 |
| Tabla 49 | <i>Puntuación Final del Grupo B Durante el Bocetado en la Propuesta</i> | 162 |
| Tabla 50 | <i>Puntuación Final de la Postura Durante el Bocetado</i> | 163 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 51 Puntuación para Determinar la Necesidad del Rediseño de la Estación de Trabajo Propuesta Durante el Bocetado. _____ | 163 |
| Tabla 52 Ángulo del Brazo Durante el Modelado en la Propuesta _____ | 165 |
| Tabla 53 Ángulo del Antebrazo Durante el Modelado en la Propuesta _____ | 166 |
| Tabla 54 Ángulo de la Muñeca Durante el Modelado en la Propuesta _____ | 167 |
| Tabla 55 Puntuación del Ángulo Entre Cuello y Tronco Durante el Modelado en la Propuesta _____ | 169 |
| Tabla 56 Puntuación del Tronco Durante la Medición en la Propuesta _____ | 170 |
| Tabla 57 Puntuación de Piernas Durante el Modelado _____ | 171 |
| Tabla 58 Puntuación Total de la Propuesta Durante el Modelado _____ | 172 |
| Tabla 59 Puntuación Final del Grupo A Durante el Modelado en la Propuesta _____ | 172 |
| Tabla 60 Puntuación Final del Grupo B Durante el Modelado en la Propuesta _____ | 173 |
| Tabla 61 Puntuación Final de la Postura Adoptada Durante el Modelado. _____ | 173 |
| Tabla 62 Puntuación para Determinar la Necesidad del Rediseño de la Estación de Trabajo Propuesta Durante el Modelado _____ | 174 |
| Tabla 63 Ángulo del Brazo de la Estación Ocupada en Air Design _____ | 205 |
| Tabla 64 Ángulo del Antebrazo de la Estación Ocupada en Air Design _____ | 206 |
| Tabla 65 Ángulo de la Muñeca de la Estación Ocupada en Air Design _____ | 207 |
| Tabla 66 Ángulo del Cuello de la Estación Ocupada en Air Design _____ | 208 |
| Tabla 67 Ángulo del Tronco de la Estación Ocupada en Air Design _____ | 209 |
| Tabla 68 Puntuación de las Piernas de la Estación Ocupada en Air Design _____ | 210 |
| Tabla 69 Puntuación Total de la Estación Ocupada en Air Design _____ | 211 |
| Tabla 70 Tabla de Puntuación del Grupo A _____ | 211 |
| Tabla 71 Puntuación del Grupo B _____ | 212 |
| Tabla 72 Puntuación final de la estación de trabajo ocupada de Air Design _____ | 212 |
| Tabla 73 Puntuación para determinar la necesidad del rediseño de la estación de trabajo usada en la empresa Air Design _____ | 212 |

| | |
|--|-----|
| <i>Tabla 74 Ángulo del Brazo en la Estación del Laboratorio de Tecnología Avanzada de Manufactura.</i> | 214 |
| <i>Tabla 75 Ángulo del Antebrazo en Estación del Laboratorio de Tecnología Avanzada de Manufactura</i> | 215 |
| <i>Tabla 76 Ángulo de la Muñeca en Estación del Laboratorio de Tecnología Avanzada de Manufactura</i> | 216 |
| <i>Tabla 77 Ángulo del Cuello en la Estación del Laboratorio de Tecnología Avanzada de Manufactura</i> | 217 |
| <i>Tabla 78 Ángulo del Tronco Respecto a la Vertical en la Estación de Trabajo del Laboratorio de Tecnología Avanzada de Manufactura</i> | 218 |
| <i>Tabla 79 Puntuación de las Piernas en la Estación del Laboratorio de Tecnología Avanzada de Manufactura</i> | 219 |
| <i>Tabla 80 Puntuación Final en la Estación del Laboratorio de Tecnología Avanzada de Manufactura</i> | 220 |
| <i>Tabla 81 Puntuación del grupo A en la Estación del Laboratorio de Tecnología Avanzada de Manufactura</i> | 220 |
| <i>Tabla 82 Puntuación del Grupo B en la Estación del Laboratorio de Tecnología Avanzada de Manufactura</i> | 221 |
| <i>Tabla 83 Puntuación Final de la Estación del Laboratorio de Tecnología Avanzada de Manufactura</i> | 221 |
| <i>Tabla 84 Puntuación Final de la Estación Usada en el Laboratorio de Tecnología Avanzada de Manufactura</i> | 222 |

Introducción

La creciente importancia del diseño y la fabricación de piezas mecánicas en el ámbito industrial ha generado la necesidad de proporcionar a los estudiantes universitarios un entorno de aprendizaje práctico que refleje de manera precisa los desafíos y procesos involucrados en estas disciplinas. En este contexto, el presente proyecto aborda el diseño y desarrollo de una estación de trabajo integral destinada a las actividades de diseño y replicado de piezas mecánicas, la cual se enfoca en el entorno universitario con el propósito de ofrecer a los estudiantes la oportunidad de aplicar y fortalecer sus habilidades en un entorno práctico.

El diseño de una estación de trabajo específicamente para actividades de diseño y replicado de piezas mecánicas se origina en la necesidad de proporcionar a los alumnos una experiencia educativa enriquecedora y alineada con las demandas actuales de la industria. La práctica activa de los conceptos aprendidos en el aula, especialmente en el ámbito del diseño y la fabricación de componentes mecánicos, es esencial para el desarrollo integral de los futuros profesionales.

En el capítulo 1 se plantea las características del problema y se definen los objetivos y metas a las que se debe llegar en la investigación, y se plantea la metodología que se usa en el desarrollo del proyecto.

Durante el capítulo 2 se efectúa análisis de los procesos involucrados en el diseño y replicado de piezas mecánicas, este análisis incluye la identificación y delimitación de las piezas que se podrán replicar, se define cual es el usuario objetivo y se realiza un benchmarking para identificar características a tomar en cuenta de los productos existentes.

El capítulo 3 se refiere a la etapa de diseño conceptual, donde se establecen y evalúan los requerimientos asociados a los procesos, la ergonomía y de los usuarios. Una vez evaluados los requerimientos se plantean tres propuestas conceptuales que les dan solución, por último, se evalúan y se elige cuál sería la propuesta por desarrollar a detalle.

En el capítulo 4 se presenta el diseño detallado de la estación de trabajo y se describen las piezas que la conforman, se describe el modelo final el cual contiene todas las características finales del sistema

y se desglosa el funcionamiento de los sistemas de inclinación y de frenado, por último, se dividen las piezas en dos rubros: de fabricación especial y prefabricadas.

Enseguida de haber definido todas las partes del sistema en el capítulo 5 se hace la evaluación estática de la estructura y la evaluación ergonómica, se analizan los resultados de las evaluaciones y se hacen los ajustes correspondientes.

Capítulo 1. Aspectos preliminares

1.1 Antecedentes

La industria metalmecánica se encarga de proveer maquinaria a medida, bienes de consumo y herramientas metálicas a las demás ramas de la cadena productiva. Una empresa metalmecánica se encarga del procesamiento de metales, sus alcances van desde el corte de una pieza de metal, hasta la manufactura de productos y piezas de alta tecnología y técnicas complejas. (VYNMSA,2022)

Según datos del INEGI, la industria manufacturera relacionada con el metal y semejantes representó 623,620 mp en el primer trimestre del 2021. (INEGI, 2021)

La integración efectiva de prácticas de diseño y replicado de piezas mecánicas en entornos académicos ha emergido como una necesidad para preparar a los estudiantes con habilidades prácticas que reflejen las demandas de la industria.

Una de las tareas más importantes en estos procesos, es la medición y existe tecnología con la cual se puede medir las piezas de manera computarizada y con alta precisión, pero no todas las empresas cuentan con dicha tecnología por lo cual es necesario que los profesionistas cuenten con el conocimiento necesario para poder realizar esta tarea con herramientas convencionales.

En el proceso de diseño y duplicado de piezas mecánicas se ocupan herramientas CAD en las cuales se pueden modelar y dibujar las propuestas de diseño, estos modelos o dibujos sirven para evaluar la propuesta, generar planos constructivos y datos para la fabricación, por lo cual es necesario que los estudiantes aprendan a utilizar dichas herramientas en un entorno real. (Hazarat, A., Katzuki, A., Kurokawa, S. y Sajima, T., 2013).

1.2 Planteamiento del problema

De acuerdo con la metodología de la ingeniería inversa: para determinar las características volumétricas de un sistema es posible utilizar instrumentos de medición manuales como calibradores y galgas, sin embargo, para tener más exactitud se considera el uso de máquinas de medición por coordenadas o digitalizadores ópticos. (Betancur, M. 2011)

En el proceso de obtención de magnitudes se miden las siguientes características: Distancias de formas geométricas base, radios presentes, ángulos, profundidades, roscas y alturas. Una vez se cuenta con las magnitudes de la pieza base, se deben de ocupar para modelar la pieza en un software CAD y de ser necesario, hacer un prototipo físico.

Si se tiene que diseñar una pieza nueva, el proceso es el siguiente: primero se identifica la necesidad a resolver, seguido de la definición de todas las especificaciones que se deberán de respetar, después se crea un concepto de diseño, se analizan las propuestas, se evalúa el prototipo. (Richard, G. y Keith J., 2008)

Para poder definir las especificaciones de la nueva pieza, se deben de hacer las mediciones correspondientes de las piezas con las que trabajará, para la creación del concepto de diseño se suelen hacer bocetos de las diferentes propuestas, una vez se cuenta con una propuesta se modela en un software CAD para poder evaluar el prototipo virtual y de ser necesario se hace un prototipo físico.

Como se puede concluir, el proceso de diseño y el proceso de replicado tienen varias similitudes y para poder llevar a cabo esas actividades, se cuenta con mobiliario enfocado en realizarlas por separado.

Para la toma de medidas, se ocupan escritorios que pueden llegar a tener compartimientos en los que se puedan guardar las herramientas de medición, pero no cuentan con un plano de referencia para poder registrar medidas fiables. Para satisfacer esta necesidad se cuenta con una herramienta de medición de mayor tamaño la cual es una mesa de granito que se caracteriza por tener una superficie rectificadas que brinda dicho plano de referencia.

Respecto al bocetado y el modelado virtual, se ocupan restiradores o escritorios que en su mayoría se enfocan en una sola actividad, cuentan con una superficie plana donde es posible hacer los bocetos o planos necesarios y hacer los modelos virtuales.

Para hacer los prototipos usualmente se ocupan impresoras 3D las cuales son máquinas que funcionan mediante la extrusión de plástico caliente, forman capas de plástico encimadas que forman figuras 3D.

En la Universidad Tecnológica de la Mixteca, no se cuenta con una estación de trabajo versátil y ergonómica en la cual los alumnos puedan desarrollar las actividades aplicadas en el diseño y replicado de piezas mecánicas. Ya que además de que faltan algunos de los instrumentos necesarios para efectuar estos procesos, el mobiliario que se encuentra en la institución cumple las necesidades por separado, por lo cual los alumnos deben de desplazarse de un área a otra para poder realizar todas las actividades necesarias, lo que es incómodo e inconveniente, puesto que estos procesos son consecutivos e iterativos.

Las piezas mecánicas que serán posibles replicar en la estación estarán delimitadas por las características del laboratorio donde se implementará la estación y los proyectos de los alumnos. Una limitante es el peso máximo que se puede cargar sin ayuda que es de 20 kg para las mujeres, otra limitante son las dimensiones de los proyectos más grandes desarrollados en la institución, los cuales son los moldes de inyección, que máximo pueden medir 0.53 m x 0.53 m, ya que la inyectora de plástico admite máximo esa dimensión en los moldes y, por otro lado, se tienen las dimensiones más pequeñas de las piezas, las cuales se proponen que sean de 25.4 mm x 25.4 mm para que sea posible su manipulación.

Por otro lado, se tiene precisión requerida de las piezas replicadas, por lo que se debe de tomar en cuenta “La regla de oro de la metrología” la herramienta de medición empleada requiere una precisión 10 veces mayor que la requerida (Campos Gerardo, 2020), ya que la herramienta más usada es el vernier y este a su vez tiene una resolución de 0.02 mm (Fernández et al., 2019), entonces se puede concluir que la precisión máxima con la que se podrán replicar las piezas mecánicas será de 0.1 mm.

Lo que impulsó el desarrollo de esta investigación fue la experiencia adquirida en las estancias profesionales, las cuales se realizaron en una empresa de la rama metalmecánica, la cual se dedica al diseño, replicado y manufactura piezas mecánicas.

Para ejecutar estas actividades se contaba con un área de trabajo que consta de un banco, un escritorio de aproximadamente de 70 cm x 50 cm, una mesa de trabajo de aproximadamente 30 x 50 cm y una computadora de escritorio, por las dimensiones del espacio era necesario desplazarse de un lugar a otro para efectuar las acciones necesarias para modelar las piezas y además, resultaba incómodo estar una jornada de trabajo en esa estación de trabajo.

1.3 Justificación del problema

La industria metalmecánica se encarga de la manufactura de herramientas y productos de alta calidad mediante el procesamiento de metales. Para llevar a cabo los procesos de manufactura, primero se deben hacer 5 actividades básicas, las cuales son: La medición, el bocetado, modelado, evaluación y prototipado. (Richard, G. y Keith J., 2008). En México se estima que esta industria representa 1.77 billones de pesos, que es el 20 % de toda la industria manufacturera mexicana. (Lara y Hernández, 2022). Y necesita de profesionistas que cuenten con las habilidades y experiencia necesarias para poder llevar a cabo estas actividades de manera profesional, para poder cumplir este objetivo, se necesita una estación de trabajo donde los alumnos puedan realizar estas tareas.

Aunque en las instituciones educativas hay mobiliario adaptado para poder realizar las tareas necesarias, no es lo más idóneo, ya que los alumnos deben de desplazarse de un espacio a otro para realizarlas. Esto no es conveniente, puesto que las metodologías de diseño y replicado de piezas mecánicas, están compuestas por una serie de pasos definidos y ordenados en los que se ejecutan las iteraciones necesarias para poder llegar a una propuesta que resuelva el problema. (Richard, G. y Keith J., 2008)

De esta serie de pasos, el de la obtención de magnitudes es uno de los pasos más críticos e importantes, y se lleva a cabo en los procesos de diseño y replicado de piezas mecánicas, cuando se lleva a cabo el primero y la pieza trabajará en conjunto a otras existentes, se deben de tomar las medidas de las piezas existentes para poder conocer bajo qué requerimientos se diseñará la nueva pieza, por otro lado, cuando se lleva a cabo la metodología de la ingeniería inversa al momento de replicar una pieza, se toman las magnitudes de la pieza a replicar para poder modelarla. De esta forma, cuando se toman medidas erróneas por el instrumento de medición o por el mal uso de las herramientas, se deriva en que las piezas resultantes de estos procesos no serán útiles después de su manufactura, pues dependiendo de la precisión requerida, no funcionarán correctamente con las demás piezas con las que interactuarán o no se logrará que sean suficientemente semejantes con las originales, llevando así a que el diseñador u operario deba de realizar más iteraciones en los procesos hasta poder llegar a la solución idónea.

Por lo cual se planteó la estación de trabajo orientada a estudiantes afines al Laboratorio de Tecnología Avanzada de Manufactura que les permita ejecutar los procesos que se emplean en la industria, en la estación podrán realizar sus prácticas de medición, dibujo, modelado y prototipado en una distribución adecuada a las tareas.

Los alumnos son los más beneficiados con esta investigación, debido a que desarrollan sus conocimientos mediante la práctica, ya que para poder utilizar las máquinas de alta tecnología que se encuentran en la industria, primero deben de aprender los aspectos básicos de su funcionamiento, además de que no todas las empresas cuentan con dicha tecnología y es importante que los alumnos puedan desarrollar su trabajo tomando en cuenta esas limitaciones.

Este diseño se llevó a cabo mediante la investigación de todos los requerimientos de los procesos de diseño y replicado de piezas mecánicas, así como los requerimientos de las personas que usaran la estación. Seguido de una propuesta de diseño y la elaboración de un modelo 3D en un software CAD para la generación de planos constructivos y un análisis estático para garantizar su seguridad.

Por último, se realizó un prototipo volumétrico para verificar su conveniencia ergonómica, este último apartado es relevante, ya que los procesos de diseño y replicado de piezas mecánicas son tardados y los alumnos puede llevarse varias horas desarrollándolos, por lo que se ocupó el método de evaluación ergonómica RULA, que evalúa las posturas adoptadas en una estación de trabajo y que pueden ocasionar trastornos en los miembros superiores del cuerpo, para su evaluación se toma en cuenta la duración y las fuerzas ejercidas sobre el cuerpo. De esta evaluación se obtiene una puntuación con la cual se determina que tan necesario es mejorar la estación de trabajo ergonómicamente. (Mas y Jose, 2023)

Para el desarrollo de esta investigación se ocuparon los conocimientos adquiridos en la carrera de Ingeniería en diseño, como son el análisis por elemento finito, una metodología de diseño industrial, las técnicas de evaluación ergonómica, manufactura en diferentes materiales, entre otros.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Diseñar una estación de trabajo para el replicado y diseño de piezas mecánicas, tomando en cuenta manuales de metrología y empleando el método de análisis ergonómico RULA, para su uso en el Laboratorio de Tecnología Avanzada de Manufactura.

1.4.2 Objetivos específicos y metas

1. Investigar aspectos generales sobre las estaciones de trabajo usadas en la industria y el ámbito académico.
 - 1.1 Cuadro comparativo de ventajas y desventajas aplicables al proyecto de investigación mediante benchmarking.
 - 1.2 Descripción de posturas de trabajo convenientes, características ergonómicas y antropométricas empleadas en estaciones de trabajo.
2. Diseñar la propuesta conceptual de la estación de trabajo.
 - 2.1 Descripción de las actividades de diseño y replicado de piezas mecánicas.
 - 2.2 Lista de requerimientos, donde se conocerán las necesidades del usuario y sus características.
 - 2.3 Mapa conceptual de la arquitectura de la estación de trabajo.
 - 2.4 Esquema de funcionalidad de cada subsistema de la estación de trabajo.
3. Definir la arquitectura de la estación de trabajo.
 - 3.1 Tres propuestas de diseño conceptual para la identificación de la propuesta final.
 - 3.2 Selección de la propuesta de diseño a desarrollar a través de una matriz de evaluación de requerimientos.
4. Diseño de la estación de trabajo con especificaciones.
 - 4.1 Modelo virtual final para describir las especificaciones de los componentes de la estación de trabajo.
 - 4.2 Lista de especificaciones.
 - 4.3 Planos de despiece para la identificación de componentes estándar y especializados.

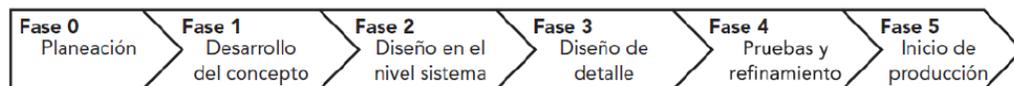
- 4.4 Planos industriales de todas las piezas del sistema.
5. Realizar prototipos de baja fidelidad para la evaluación estática y ergonómica.
- 5.1 Modelo virtual para efectuar un análisis estático mediante la técnica de elemento finito.
 - 5.2 Modelo de baja fidelidad para la evaluación ergonómica mediante el método RULA.

1.5 Metodología

El desarrollo de esta investigación se basó en la metodología de Ulrich y Eppinger, la cual consta de 6 fases como se muestra en la Figura 1, de las cuales solo se abordará hasta la fase 4 (Pruebas y refinamiento) debido a que la fase 5 (Inicio de producción) está enfocada a probar los procesos de manufactura que se emplearán para el producto final y para capacitar a los operarios.

Figura 1

Fases de la Metodología de Ulrich y Eppinger



Fuente: Ulrich, D. y Eppinger, S. (2013).

Las actividades que se desarrollaron en cada etapa son las siguientes:

Fase 0 Planeación: En esta fase se investigan los aspectos preliminares relacionados con las estaciones de trabajo, se genera el marco teórico, conceptual y se investigan aspectos ergonómicos que afectan una estación de trabajo.

Fase 1 Desarrollo del concepto: En esta etapa se define el usuario objetivo, se identifican los requerimientos del usuario y de los procesos de diseño y replicado de piezas mecánicas, se delimitan las piezas que se pueden replicar en el sistema mediante un análisis del entorno donde se implementará la estación de trabajo, sus herramientas y las prácticas desarrolladas, se crean y evalúan tres conceptos de diseño, por último, se elige un concepto de diseño para ser diseñado a detalle.

Fase 2 Diseño en el nivel sistema: Se define la arquitectura de la estación de trabajo, se detallan las características de cada sistema de la estación de trabajo.

Fase 3 Diseño a detalle: Se realiza un modelo en un software CAD con todas las características finales de la estación de trabajo y se identifican las piezas estándar y especializadas.

Fase 4 Pruebas y refinamiento: Se hace un prototipo volumétrico de baja fidelidad, se evalúa la ergonomía del producto mediante la técnica RULA, se hacen pruebas de resistencia estática mediante la técnica de elemento finito para asegurar la seguridad de la estación de trabajo, por último, se determina si la estación de trabajo está lista para su producción final.

Capítulo 2. Marco conceptual.

La investigación para desarrollar una estación de trabajo enfocada a efectuar las tareas de diseño y replicado de piezas mecánicas se ejecuta mediante un análisis de las actividades a realizar y sus requerimientos, así como los requerimientos del usuario. En el presente capítulo plantean los conceptos necesarios para definir el contexto del problema y reconocer las características de los procedimientos.

La sección comienza definiendo que es la industria metalmecánica, ya que es el ambiente en donde se ejecutan los procesos de los cuales aquí se habla, se explica que es una estación de trabajo y las consideraciones que hay que tomar en cuenta al diseñar una, se expone que es la metrología y algunos de sus conceptos como son: las tolerancias en el diseño mecánico. En el apartado 2.6 se define un método de clasificación de piezas mecánicas y se definen cuáles serán las que se podrán diseñar en la propuesta final.

Enseguida se explican aspectos relacionados con la antropometría y ergonomía para así generar requerimientos empleados en la propuesta final, se exponen los procedimientos realizados en la institución, se delimita el usuario objetivo y se realiza un benchmarking con la finalidad de conocer características que vale la pena aplicar a la propuesta final de esta investigación.

2.1 Industria Metalmeccánica.

La industria metalmeccánica es aquella que desarrolla un gran número de procesos a productos siderúrgicos (Hierro y sus aleaciones sin más procesos en ellos) y derivados, se encarga de proveer maquinaria e insumos a las demás actividades económicas, esa es la razón por la cual es una de las industrias más antiguas del sector manufacturero. Es por lo cual la industria metalmeccánica forma parte fundamental para el sector productivo de las naciones, ya que de esta dependen las demás ramas de la cadena productiva, además de que proporciona gran cantidad de trabajos ya sea de especialistas o no. (CANACINTRA, 2017).

En esta industria se llevan a cabo las tareas de diseño y replicado de piezas mecánicas, así como la primera parte del procesamiento de metales que es la actividad central, esta actividad es muy amplia y abarca desde el corte de un perfil de metal hasta la manufactura de herramientas de precisión y alta tecnología. (VYNMSA,2022)

A continuación, se enlistan algunos de los procedimientos que se aplican a la materia prima para poder ofrecer las herramientas necesarias:

Corte: Las operaciones de corte son ejecutadas por medios mecánicos convencionales como es el corte por cizallas, o pueden realizarse por tecnologías más avanzadas como es el corte por plasma, corte láser (Figura 2), oxicorte y corte por chorro de agua. El tipo de tecnología utilizada dependerá de la empresa que haga el procedimiento, ya que será rentable dependiendo de su estado económico.

Mecanizado por arranque de viruta: Se encarga de transformar las propiedades físicas de una pieza hasta alcanzar las especificaciones geométricas deseadas mediante el desbaste de la pieza mecánica, retirando el excedente, las herramientas más usadas en la industria son: los tornos, fresadoras, rectificadoras y taladros.

Soldadura: Se ocupa para juntar piezas mecánicas y llevar el conjunto a la forma final, existen diferentes tipos como pueden ser: por arco eléctrico, por gas, por láser o por fricción.

Deformación sin arranque de viruta: Se basa en deformar la pieza metálica mediante la explotación de sus propiedades plásticas, mediante el uso de fuerzas, los procedimientos más empleados son: el laminado, el trefilado, el doblado y la forja. (ADIMRA, 2019).

Figura 2

Cortadora Láser



Nota: El corte láser ofrece un alto nivel de detalle y precisión. Fuente: Zerón (2019).

2.2 Estación de trabajo.

Una estación de trabajo se define como un espacio en el que el usuario encuentra todas las herramientas y equipo necesario para llevar a cabo un trabajo especializado, pueden ser individuales o para trabajo en conjunto.

Las estaciones de trabajo son parte fundamental de cualquier proceso productivo, ya que permiten que los usuarios desempeñen su trabajo de manera eficiente, de tal forma que satisfagan las necesidades de este y del proceso que esté llevando a cabo. Para poder diseñar una estación de trabajo que resuelva ambos tipos de necesidades es necesario tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- El proceso que se llevará a cabo.
- Dimensiones de los usuarios.
- Posturas adoptadas, movimientos, tiempos y frecuencias.
- Fuerzas y cadencias de las actividades.
- Medio por el que recibe e interactúa con información el usuario.
- Horarios de trabajo.
- Carga mental del puesto.
- Riesgos efectivos y potenciales del puesto.
- Ropa, herramientas y equipo de uso personal.
- Aspectos ambientales del puesto de trabajo
- Aspecto social. (Gebesa, 2022)

2.3 Metrología

La metrología se denomina como la ciencia que se encarga de comparar las magnitudes dimensionales perceptibles de piezas sólidas u otros fenómenos físicos, que están sujetas a unidades estandarizadas, debido a esto existen varios tipos de metrología que son: metrología eléctrica, metrología térmica, metrología química, metrología neumática, metrología geométrica, etc. (Díaz, 2008).

Esta investigación se centra en la metrología geométrica o dimensional, que es la rama de la metrología que analiza los procesos de medida de magnitudes que representan una longitud.

La metrología dimensional es importante en los procesos de diseño y replicado de piezas mecánicas, ya que como se vio en las secciones anteriores, es necesario saber las magnitudes dimensionales del sistema donde trabajará la pieza que se está diseñando, así como conocer cuáles son las distintas dimensiones de las piezas que se quieran replicar.

Un laboratorio de metrología debe de considerar los siguientes aspectos para poder asegurar la confiabilidad y precisión de las magnitudes que ahí se investiguen:

La iluminación: La principal razón por la cual se toma en cuenta este aspecto es debido a que una iluminación deficiente provoca que los ojos de los usuarios se esfuercen más, ocasionando cansancio prematuro, escozor en los ojos, dolor de cabeza y disminución en la agudeza visual. Esta última consecuencia no puede ser permitida porque los usuarios deben de ver perfectamente en que posición de la pieza colocan los instrumentos de medición.

Vibraciones y polvo: El laboratorio debe de estar protegido contra estos elementos para que no dañen los instrumentos de medición y a los usuarios.

La medición es el resultado de una comparación cuantitativa entre un patrón definido y una magnitud desconocida, si el resultado de dicha comparación es significativo, se deben de cumplir las siguientes dos condiciones: Que el patrón con el que se esté midiendo sea conocido y aceptado, y que el procedimiento y los instrumentos para obtener la medición sean comprobables.

Los errores de medición son inevitables debido a que es imposible asegurar el 100 % de exactitud, pero hay que buscar sean los mínimos o los admisibles, las causas de los errores son: errores de las herramientas, errores del operador y errores por el medioambiente

Una vez se toman en cuenta los aspectos mencionados, hay que tomar en cuenta las herramientas de medición, las cuales se clasifican según el tipo de medición que realizan (medición directa e indirecta) y por el sistema de funcionamiento con el que trabajan (mecanismos, ópticos, neumáticos, electrónicos, eléctricos, electrónicos y mixtos).

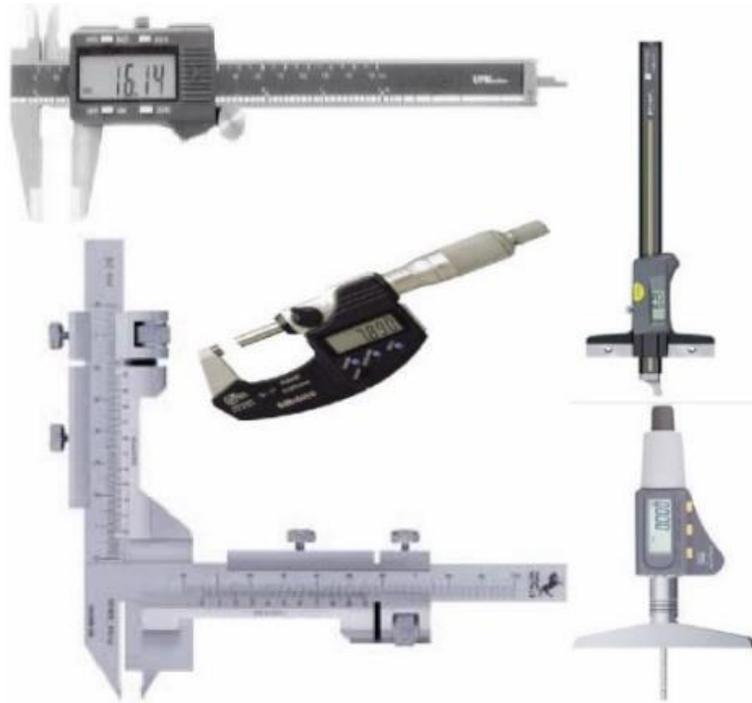
Instrumentos de medición directa (Figura 3): En este se encuentran los instrumentos que dan una lectura directa sobre una escala graduada, de manera inmediata sin la necesidad de ajustarlo, dentro de esta clasificación se encuentran: Los diferentes tipos de calibradores vernier, los micrómetros, etc.

Instrumentos de medición indirecta: Se clasifican así las herramientas que antes de usarse se deben de ajustar usando calibres y las lecturas son valores referenciados al calibre usado, aquí se encuentran los calibres “pasa no pasa”, los comparadores ópticos, comparadores neumáticos y el proyector de perfiles.

Las características principales de un instrumento de medición son las siguientes: El tipo de medición que ejecutan, el tipo de funcionamiento, el sistema de graduación, la legibilidad, la capacidad o rango de medición y la precisión. (Díaz, 2008)

Figura 3

Instrumentos de Medición Directa



Nota: Se observan Diferentes tipos de calibradores y micrómetros. Fuente: Federación de enseñanza de CC. OO. de Andalucía. (2011).

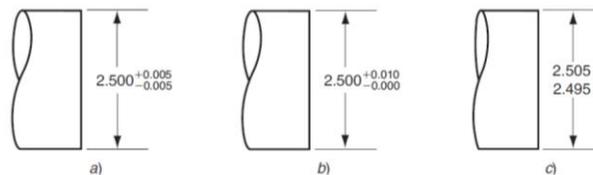
2.4 Tolerancias en el diseño mecánico y medidas estandarizadas.

La tolerancia es la diferencia entre los límites permisibles entre el tamaño máximo y mínimo de una medida nominal, que es la medida que el diseñador especifica en planos u otros documentos.

Las tolerancias se especifican de tres principales maneras que son: La tolerancia bilateral la cual indica que se permiten variaciones en direcciones positivas o negativas respecto a la medida nominal Figura 4 a), la tolerancia unilateral es la que indica que solo se permite la variación dimensional en una dirección, ya sea positiva o negativa Figura 4 b), las dimensiones límite especifican las dimensiones máxima y mínima permitidas Figura 4 c).

Figura 4

Formas de Especificar Tolerancias.



Fuente: Groover (2007).

Existen otras dimensiones geométricas no lineales las cuales se especifican en los planos entre ellas se encuentran:

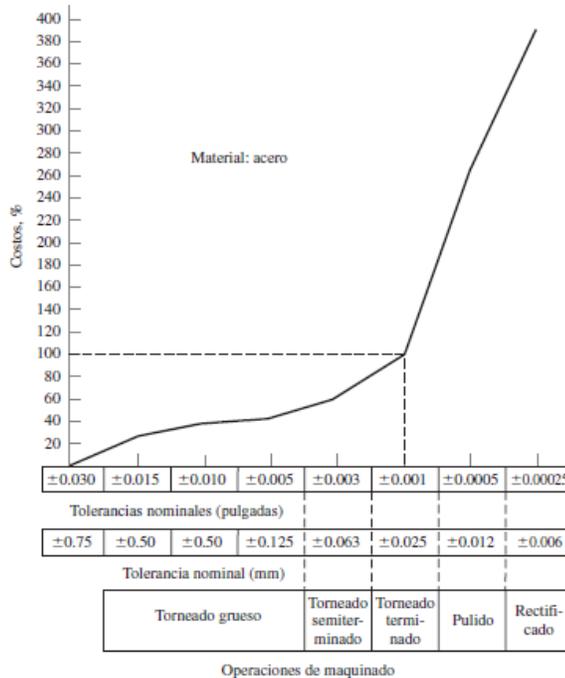
- Angularidad: Es el rasgo que presenta una pieza que cuenta con una superficie o un eje a un ángulo específico respecto a una superficie y eje de referencia. (Si el ángulo es 90° se le llama cuadratura o perpendicular).
- Redondez y circularidad: Es la característica que tienen los sólidos de revolución en la que todos los puntos de la superficie y un eje perpendicular al eje de revolución se encuentran equidistantes al eje.
- Concentricidad: El grado en el que algunos rasgos de una pieza tienen un eje común.
- Cilindricidad: Cuando todos los puntos de una superficie de revolución están equidistantes al eje de revolución.

- e) Planicidad: La característica que tienen las superficies en las que todos los puntos que la componen se encuentran en un solo plano.
- f) Paralelismo: El grado en el que los puntos de un rasgo de una pieza se encuentran equidistantes a un plano, eje o línea de referencia.
- g) Perpendicularidad y cuadratura: Cuando todos los puntos de un rasgo de una pieza como un eje, un plano o una línea, se encuentran a 90 grados de un eje, un plano u otra línea.
- h) Rectitud: La característica que tiene una línea o un eje para poder ser una línea recta.

Las tolerancias en un diseño mecánico influyen fuertemente en el grado de factibilidad de manufactura de una pieza, esto se debe principalmente a que las tolerancias más exactas requieren procesos de manufactura sofisticados como son la electroerosión, por otro lado, las piezas que presentan tolerancias más grades, se pueden producir en sistemas de producción más grandes por lo cual la manufactura es más barata (Figura 5), se descartan menos piezas en el control de calidad y usualmente son más fáciles de ensamblar. (Richard, G. y Keith J., 2008)

Figura 5

Costo VS Tolerancia en el Maquinado



Fuente: Ullman (2009).

La razón por la cual es recomendable el uso de piezas de medidas estándar es bajar los costos de producción, ya que dichas piezas se producen en masa, mientras que cuando se ocupan medidas especiales, se agregan operaciones de manufactura a la pieza por lo cual aumenta su valor y, por lo tanto, el costo total del proyecto.

2.5 Diseño y replicado de piezas mecánicas.

El diseño de una pieza mecánica es una tarea compleja y requiere de conocimientos diversos, el proceso está conformado por varios pasos en los que se puede realizar un número indefinido de iteraciones, para ayudar al diseñador, este cuenta con numerosas fuentes de información y herramientas de diseño por computadora.

Cuando se desarrolla algún producto el ingeniero en diseño debe de tomar en cuenta códigos y normas para poder asegurar el buen funcionamiento y por consideraciones de responsabilidad legal del proyecto.

El comienzo de un diseño es trazar un plan con el cual resolver la necesidad específica o algún problema identificado y como resultado se tiene un objeto funcional, seguro, confiable, competitivo, fabricable y comercializable. El diseño es una tarea en donde se toma gran cantidad de decisiones, existen casos en los que se cuenta con excesiva información que puede llegar a ser contradictoria o muy poca información, por lo que es importante poder llegar a hacer ajustes al objeto que se esté diseñando durante todo el proceso.

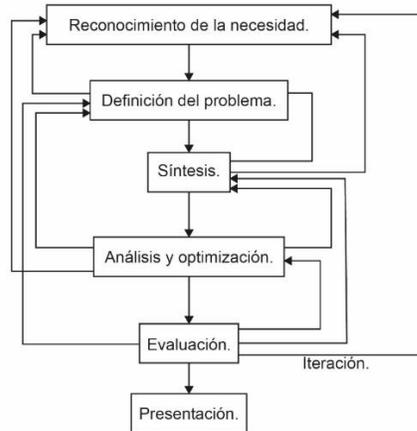
El proceso de diseño comienza con la identificación de una necesidad (Figura 6), lo cual no es tan simple como suena, pues puede ser que solo se identifique por una inconformidad, una inquietud o una sensación de que algo debería de mejorar, hay una diferencia notable entre la identificación de una necesidad y la identificación del problema, la segunda es específica y menciona todos los parámetros y limitaciones que debe de cumplir el objeto a diseñar.

Seguido de la identificación de la necesidad, se deben de crear conceptos de diseño, que se encuentra dentro de la etapa de síntesis, los conceptos de diseño se evalúan de acuerdo con los

parámetros y limitaciones presentes en la identificación del problema y durante todo el proceso los conceptos de diseño se evalúan, mejoran y desechan de ser necesario.

Figura 6

Diagrama de Flujo del Proceso de Diseño



Fuente: Richard G. y Keith J. (2008).

El proceso es iterativo por lo cual cuando se hacen las evaluaciones de los conceptos de diseño, el diseñador puede regresar a fases previas, es importante mencionar que, dado que las piezas pueden llegar a ser parte de un sistema mayor, es necesario hacer modelos matemáticos de las mismas para evaluarlos digitalmente, una vez se cuenta con un modelo que cumple con todas las especificaciones y requerimientos, se debe de realizar un prototipo para saber si realmente satisface la necesidad.

Las consideraciones de diseño más importantes en el proceso de diseño de piezas mecánicas son las siguientes: Funcionalidad, resistencia/esfuerzo, distorsión/deflexión/rigidez, desgaste, corrosión, seguridad, confiabilidad, facilidad de manufactura, utilidad, costo, fricción, peso, vida, ruido, estilo, forma, tamaño, control, propiedades térmicas, superficie, lubricación, comercialización, mantenimiento, volumen, responsabilidad legal y capacidad de reciclado/recuperación de recursos. (Richard, G. y Keith J., 2008)

Cuando se debe de replicar una pieza mecánica que se tiene en posesión, pero de la cual no se tienen modelos ni planos, se debe de ocupar la metodología de la ingeniería inversa. Otra manera de definir

la ingeniería inversa es el proceso de diseño que se ejecuta del objeto al concepto de diseño a lo cual se le denomina ingeniería de diseño inverso o ingeniería inversa.

Para poder realizar este proceso se ocupa un conjunto de métodos de ingeniería de medida, análisis y diseño, de esta manera es posible replicar una pieza o mejorarla, el proceso puede llegar a aplicarse en cualquiera de las fases de diseño previamente explicadas, a su vez es posible ocuparlo en cualquier sector industrial, algunas de las aplicaciones son las siguientes: Diseño y fabricación, réplicas de modelos, ingeniería de producto, control de calidad, aplicaciones avanzadas de ingeniería, aplicaciones médicas, arte y restauración, comercio electrónico y aplicaciones ergonómicas.

La ingeniería inversa es el proceso con el que se genera información de un objeto físico o virtual para su uso, la información obtenida se puede clasificar de la siguiente manera:

- Información geométrica y dimensional.
- Información de manufactura (Materiales y procesos).
- Información de funcionalidad de partes y sistemas.
- Información de propiedades físicas.

La información obtenida a través de la ingeniería inversa puede corresponder a cualquier tipo de sistemas, esa es la razón por la cual es necesario definir el contexto que se plantea abordar, debido a que no será lo mismo analizar un sistema digital a un sistema mecánico, esa es la razón por la cual cabe mencionar que la ingeniería inversa aplicada en esta investigación se centra en el diseño y manufactura de piezas mecánicas y sirve para propósitos como son: Replicar componentes mecánicos, innovar productos, generar datos, recabar información sobre sistemas mecánicos, mejorar piezas mecánicas y para corregir fallas en los diseños. (Montoya, 2013)

Las fases de la ingeniería inversa son las siguientes:

Fase 1: Conocimiento preliminar del objeto de referencia.

Fase 2: Diseño de un plan de investigación.

Fase 3: Aplicación del plan al objeto de referencia.

Fase 4: Sintetizar la información generada por el plan, generar el modelo B y demostrar que $A \sim B$.

Fase 5: Caracterizar el modelo B.

Fase 6: Usar B para diversos prototipos.

Las fases 1 y 2 se refieren a la información inicial del objeto a replicar, los requerimientos a respetar y los pasos a seguir, en esta fase se determinan las herramientas a utilizar.

La fase 3 consiste en ejecutar el plan desarrollado en la fase 2.

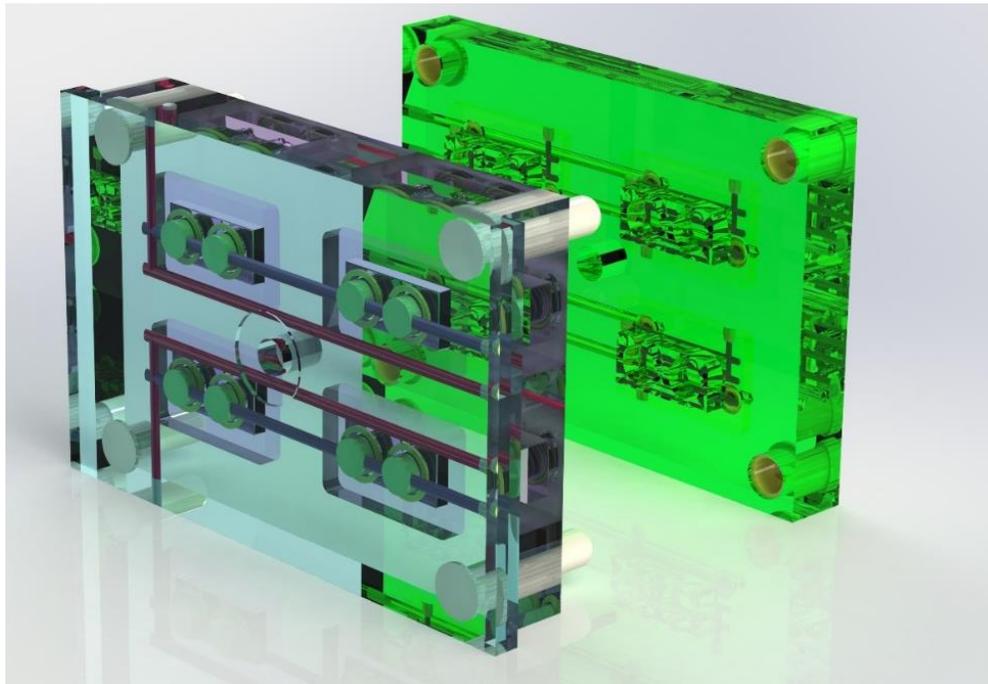
La fase 4 consiste en ordenar la información recopilada y crear un modelo en un software CAD (Figura 7) y se planeará como se evaluará la equivalencia $A \sim B$.

La fase 5 consiste en evaluar la réplica.

La fase 6 consiste en ocupar la pieza final. (López, Bracamontes, García, Martínez, Luna, Delfín y Arrellano, 2010)

Figura 7

Molde de Inyección Modelado en Software CAD



2.6 Clasificación de piezas mecánicas.

Actualmente, la manufactura está ligada a la competencia entre empresas debido a que los clientes buscan la opción que les pueda brindar la mejor calidad, el mejor precio y variedad en los productos, por eso las empresas necesitan variedad en los procesos de manufactura, ya que dependiendo del proceso será la calidad de la pieza resultado y dependiendo en donde se emplee variará la necesidad de usar un proceso u otro.

Por estas razones, la industria metalmecánica está obligada a buscar la mejor calidad en las piezas que se ofrecen, a mejorar los procesos empleados, a mejorar las capacidades de operación y a buscar la automatización de los procesos. (Salvador, 2005)

En el ámbito académico, es necesario agrupar los diferentes tipos de piezas mecánicas existentes para poder determinar cuáles son las piezas que son posibles replicar mediante los procesos y tecnología presente en donde se implementará la estación de trabajo, además esto ayuda a que los estudiantes aprendan a modelar cada grupo de piezas de manera más eficiente, ya que mediante la experiencia se puede determinar una metodología general para modelar las piezas pertenecientes a un grupo específico.

La manera de agrupar las piezas depende de sus características de diseño y de los procesos de manufactura empleados para hacerlas. Dentro de las características de diseño están:

- Formas y dimensiones internas y externas
- Relaciones de aspecto (Longitud a ancho, longitud a diámetro)
- Tolerancias dimensionales
- Acabados superficiales
- Funciones de la pieza

En los procesos de manufactura están:

- Los procesos primarios empleados
- Los procesos secundarios y acabados
- Tolerancias dimensionales y acabados superficiales

- La secuencia de operaciones que se efectúan
- Las herramientas, soportes y maquinaria empleada

En las características geométricas están:

- Forma externa principal
- Forma interna principal
- Dimensiones principales
- Relación entre las dimensiones principales

De acuerdo con las operaciones de desprendimiento de viruta principales se pueden obtener los siguientes tipos de superficies:

- Superficies de revolución.
- Superficies planas.
- Superficies compuestas (Salvador, 2005)

El sistema de clasificación de piezas mecánicas empleado para identificar las piezas reproducibles en la estación de trabajo es KK-3 que se desarrolló en la década de los setenta en Japón. Este sistema se caracteriza por clasificar y codificar piezas mecanizadas, por lo que trabaja de acuerdo con atributos geométricos y tecnológicos generados mediante el corte de metal, otra característica importante por la cual se eligió es que es de dominio público, describe procesos de manufactura sin y con desprendimiento de viruta que son los más usuales. (Hernández, 2001)

El sistema consta de una codificación compuesta por 21 dígitos para la clasificación de piezas rotacionales y no rotacionales, cada dígito corresponde a una característica de la pieza por clasificar como se muestra en la Figura 8 y Figura 9. En el Anexo 2 se encuentran las 42 tablas correspondientes al sistema de clasificación.

Figura 8

Estructura General del Sistema de Clasificación y Codificación Rotacional

| DÍGITO | COMPONENTES ROTACIONALES | | DÍGITO | COMPONENTES ROTACIONALES | | DÍGITO | COMPONENTES ROTACIONALES | |
|--------|---|-------------------------|--------|-------------------------------------|--------------------|--------|--|--|
| 1 | NOMBRE DEL COMPONENTE | CLASIFICACIÓN GENERAL | 8 | FORMA DETALLADA Y TIPOS DE PROCESOS | SUPERFICIE EXTERNA | 14 | SUPERFICIE INTERNA | FORMA INTERNA GENERAL |
| 2 | | CLASIFICACIÓN DETALLADA | 9 | | | 15 | | FORMA INTERNA CURVA |
| 3 | MATERIAL | CLASIFICACIÓN GENERAL | 10 | | | 16 | | SUPERFICIES INTERNAS PLANAS Y CÍCLICAS |
| 4 | | CLASIFICACIÓN DETALLADA | 11 | | | 17 | | SUPERFICIE LATERAL |
| 5 | DIMENSIONES PRINCIPALES | LONGITUD | 12 | | | 18 | PERFORACIÓN NO CONCENTRICA | PATRÓN DE PERFORACIONES |
| 6 | | DIÁMETRO | 13 | | | 19 | | PERFORACIONES ESPECIALES |
| 7 | FORMA PRIMARIA Y RELACIÓN ENTRE DIMENSIONES PRINCIPALES | | | | | 20 | PROCESOS SIN DESPRENDIMIENTO DE VIRUTA | |
| | | | | 21 | EXACTITUD | | | |

Fuente: Hernández (2021).

Figura 9

Estructura General del Sistema de Clasificación y Codificación No Rotacional

| DÍGITO | COMPONENTES NO ROTACIONALES | | DÍGITO | COMPONENTES NO ROTACIONALES | | DÍGITO | COMPONENTES NO ROTACIONALES | |
|--------|---|-------------------------|--------|--------------------------------------|---------------|-----------------------|--|----------------------------|
| 1 | NOMBRE DEL COMPONENTE | CLASIFICACIÓN GENERAL | 8 | FORMA GEOMÉTRICA Y TIPOS DE PROCESOS | TIPO DE FORMA | 16 | PERFORACIONES AUXILIARES | OTRAS SUPERFICIES INTERNAS |
| 2 | | CLASIFICACIÓN DETALLADA | 9 | | | 17 | | DIRECCIÓN |
| 3 | MATERIAL | CLASIFICACIÓN GENERAL | 10 | | | 18 | | FORMA |
| 4 | | CLASIFICACIÓN DETALLADA | 11 | | | 19 | PERFORACIONES ESPECIALES | |
| 5 | DIMENSIONES PRINCIPALES | LARGO | 12 | | | 20 | PROCESOS SIN DESPRENDIMIENTO DE VIRUTA | |
| 6 | | ANCHO | 13 | | | 21 | EXACTITUD | |
| 7 | FORMA PRIMARIA Y RELACIÓN ENTRE DIMENSIONES PRINCIPALES | | 14 | | | PERFORACIÓN PRINCIPAL | DIRECCIÓN Y ESCALONAMIENTO | |
| | | | 15 | ROSCAS Y OTRAS SUPERFICIES | | | | |

Fuente: Hernández (2021).

De acuerdo con el método de tecnología de grupos KK-3 presentado y las correspondientes tablas presentadas en el Anexo 2, con las herramientas y a los alcances de los cursos impartidos en la institución

y con el apoyo del personal encargado del Laboratorio de tecnología avanzada de manufactura, se clasificaron las características de las piezas rotaciones (Tabla 1) y no rotacionales (Tabla 3) en tres grupos: Es posible replicar, Depende de la pieza / Se necesita experiencia y No es posible replicar.

Tabla 1

Clasificación de Características de Piezas Rotacionales

| Es posible replicar | | Depende de la pieza / Se necesita experiencia | | | | | No es posible replicar | | | |
|---------------------|---|---|---|---|---|---|------------------------|---|---|---|
| N.º Dígito | Delimitación de piezas mecánicas rotacionales según dígitos | | | | | | | | | |
| I | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | | |
| II | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| III y IV | Dígitos III y IV no afectan en el proceso de replicado | | | | | | | | | |
| V | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| VI | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| VII | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| VIII | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| IX | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| X | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| XI | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| XII | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |

| | Es posible replicar | | | Depende de la pieza / Se necesita experiencia | | | | | No es posible replicar | |
|-----------------------------|--|---|---|---|---|---|---|---|------------------------|---|
| N.º Dígito | Delimitación de piezas mecánicas rotacionales según dígitos | | | | | | | | | |
| XIII | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| XIV | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| XV | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| XVI | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| XVII | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| XVIII | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| XIX | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| XX | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| XXI | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |

Un ejemplo del uso de la tabla anterior para una pieza rotacional se describe a continuación:

Figura 10

Rueda Dentada



Nota: Diámetro del orificio de 6 mm, 18 dientes y hecho de acero 45 de alta resistencia al desgaste. Fuente: Amazon (2023).

De acuerdo con la Tabla 1 se identificó el siguiente código que se muestra en la Tabla 2 para el ejemplo de la Figura 10.

Tabla 2

Código Resultante de Ejemplo de Clasificación de Pieza Rotacional

| Dígito | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | XIII | XIV | XV | XVI | XVII | XVIII | XIX | XX | XXI |
|--------|---|----|-----|----|---|----|-----|------|----|---|----|-----|------|-----|----|-----|------|-------|-----|----|-----|
| Valor | 0 | 0 | 4 | 6 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 3 |

El dígito I tiene un valor de 0, lo que corresponde con la característica: Engranés.

El dígito II tiene un valor de 0, lo que corresponde con la característica: Engrane recto o helicoidal.

El dígito III tiene un valor de 4, lo que corresponde con la característica: Aceros ordinarios, duros con tratamiento.

El dígito IV tiene un valor de 6, lo que corresponde con la característica: Acero al carbono.

El dígito V tiene un valor de 1, lo que corresponde con la característica: $16 < A \leq 50$ (Largo: A).

El dígito VI tiene un valor de 1, lo que corresponde con la característica: $16 < B \leq 50$ (Diámetro: B).

El dígito VII tiene un valor de 0, lo que corresponde con la característica: Componentes con un peso menor a 20 kg, componentes cúbicos.

El dígito VIII tiene un valor de 1, lo que corresponde con la característica: Escalonada en un extremo o suave.

El dígito IX tiene un valor de 0, lo que corresponde con la característica: Ninguna rosca externa

El dígito X tiene un valor de 0, lo que corresponde con la característica: Ninguna ranura en la superficie externa.

El dígito XI tiene un valor de 0, lo que corresponde con la característica: Ninguna forma irregular en la superficie externa.

El dígito XII tiene un valor de 0, lo que corresponde con la característica: Ninguna muesca, hueco o ranura en la superficie externa.

El dígito XIII tiene un valor de 3, lo que corresponde con la característica: Engrane circular en la superficie externa.

El dígito XIV tiene un valor de 1, lo que corresponde con la característica: Con perforación pasada sin cambios en el diámetro.

El dígito XV tiene un valor de 0, lo que corresponde con la característica: Perforación cilíndrica sin rosca.

El dígito XVI tiene un valor de 0, lo que corresponde con la característica: Sin perforación interna plana o cíclica.

El dígito XVII tiene un valor de 0, lo que corresponde con la característica: Superficie lateral plana

El dígito XVIII tiene un valor de 3, lo que corresponde con la característica: Perforación radial sobre una circunferencia.

El dígito XIX tiene un valor de 0, lo que corresponde con la característica: Sin perforaciones no concéntricas.

El dígito XX tiene un valor de 0, lo que corresponde con la característica: Sin doblado, formado de plástico o soldadura.

El dígito XXI tiene un valor de 3, lo que corresponde con la característica: Corte de superficies planas o internas.

De acuerdo con esos valores se puede concluir que es una pieza que puede replicarse, pero se necesita experiencia por su tamaño pequeño.

Tabla 3

Clasificación de Características de Piezas NO Rotacionales

| Es posible replicar | | Depende de la pieza / Se necesita experiencia | | | | | No es posible replicar | | | |
|---------------------|--|---|---|---|---|---|------------------------|---|---|---|
| N.º Dígito | Delimitación de piezas mecánicas NO rotacionales según dígitos | | | | | | | | | |
| I | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | | | | | |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | |
| | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | |
| | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | | | | | |
| | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | | | | | |
| | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | | | | | |
| | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | | | | | |
| | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | | | | | |
| | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | | | | | |
| | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | | | | | |
| 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | | | | |
| III y IV | Dígitos III y IV no afectan en el proceso de replicado | | | | | | | | | |
| V | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| VI | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| VII | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| VIII | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |

| Es posible replicar | | Depende de la pieza / Se necesita experiencia | | | | | | No es posible replicar | | | |
|---------------------|--|---|---|---|---|---|---|------------------------|---|---|--|
| N.º | Delimitación de piezas mecánicas NO rotacionales según dígitos | | | | | | | | | | |
| Dígito | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| IX | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| X | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| XI | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| XII | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| XIII | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| XIV | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| XV | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| XVI | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| XVII | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| XVIII | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| XIX | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| XX | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| XXI | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |

2.7 Antropometría y ergonomía

El diseño ergonómico se desarrolla a través de hacer un análisis de las actividades que se llevan a cabo con el objeto de que se pretende desarrollar, además de identificar las posturas, cadencias y tiempos en cada una de ellas, con esto se busca disminuir dolores y síntomas músculo-esqueléticos que se contraen por diversas causas entre las que se encuentran: las enfermedades de los usuarios, posturas adoptadas, duración de las posturas, repetición, fuerza ejecutada, iluminación, temperatura y salud mental entre otros (Figura 11).

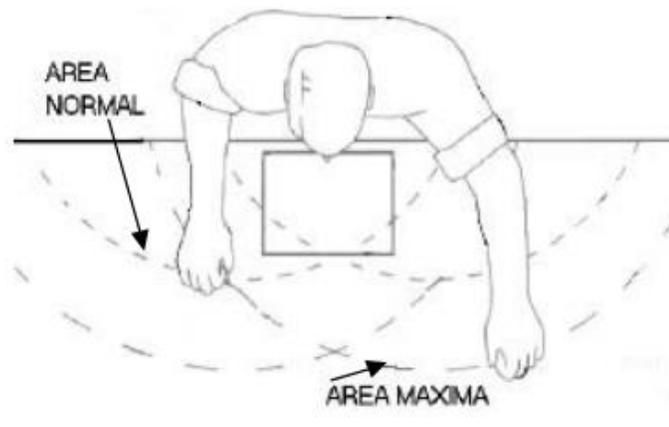
Par diseñar una estación de trabajo se procuran los espacios flexibles, esto con la finalidad de que se adapte a las diferentes medidas de los usuarios. Un aspecto a tomar en cuenta es que el usuario no deba de cargar objetos de manera estática o dinámica, si la carga de objetos es inevitable, se debe de tener en cuenta que entre mayor sea la palanca que ejerce el objeto al cuerpo del usuario, mayores serán los problemas que pueda desarrollar, esa es la razón por la cual es importante que las actividades de carga sean planeadas de tal manera que la carga se encuentre cerca del centro de gravedad del usuario.

Otra característica relevante son las posturas erróneas, las cuales pueden ser inadecuadas por el esfuerzo al que se somete el cuerpo o por la cantidad del tiempo que se adoptan. Esa es la razón por la cual además de asegurar que el usuario no adoptará posturas inadecuadas, podrá alternar entre diferentes posiciones, todo esto con la finalidad de que no desarrolle problemas de salud. (Párraga, 2003).

Se recomienda que el área de trabajo se encuentre aproximadamente 5 cm por debajo del codo. El área de trabajo para actividades de precisión (Área normal) debe de ser la que se logra al tener el brazo pegado al cuerpo y el antebrazo girado (Figura 11), esto asegura que se tenga control visual de las actividades, es menos la palanca, existe mayor rapidez y precisión. Colocar apoyos para los codos, muñecas y antebrazos para las actividades que requieran el uso de herramientas, asegurarse de que el área de trabajo no tenga bordes agudos al momento de apoyar el antebrazo, de lo contrario se generará dolor al usuario. Si el usuario debe de estar parado, es recomendable que el suelo este cubierto de material acolchado y si se encuentra sentado, es imprescindible que cuente con una superficie donde apoyar los pies.

Figura 11

Área Normal y Máxima de la Superficie de Trabajo



Fuente: Párraga (2003).

También es preciso que el usuario cuente con una silla ajustable a los diferentes tipos de altura, y el respaldo debe de proporcionar apoyo vertical y horizontal, con la finalidad de posicionar el apoyo lumbar a la altura y posición conveniente (Figura 12).

Figura 12

Silla con Apoyo Lumbar Adecuado



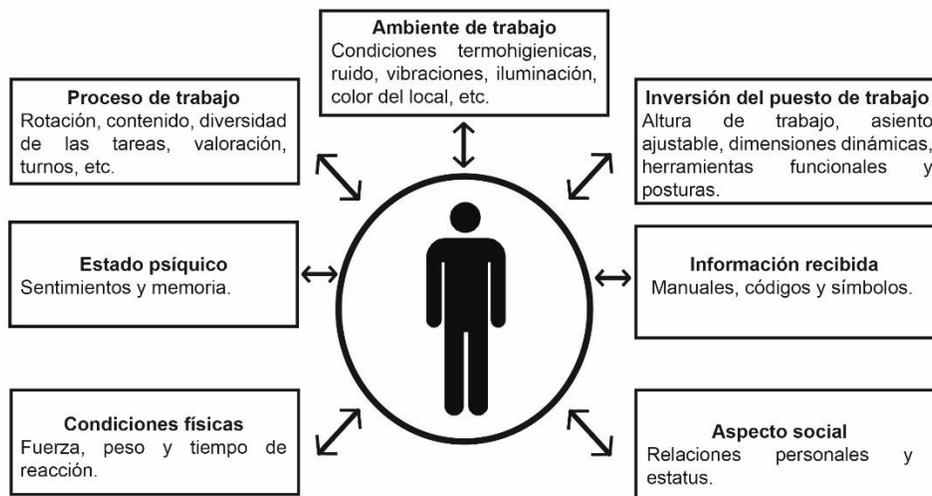
Fuente: Párraga (2003).

Las herramientas y materiales deben de tener un espacio definido donde colocarse y almacenarse, con el fin de que el usuario sepa exactamente dónde se encuentra un material o herramienta, de esta manera podrá realizar sus tareas rápidamente. (Párraga, 2003).

De no tomarse en cuenta las consideraciones de la Figura 13 al momento de diseñar una estación de trabajo, el sistema tendrá graves deficiencias en el proceso que se lleve a cabo, o el usuario podrá llegar a desarrollar trastornos musculoesqueléticos.

Figura 13

Consideraciones Ergonómicas en una Estación de Trabajo



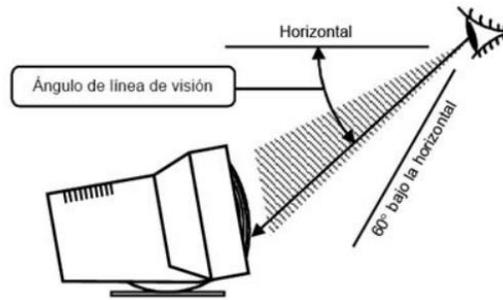
Fuente: Párraga (2003).

La pantalla de una estación de trabajo actual debe de estar sujeta a las siguientes consideraciones:

- La distancia de visión no debe de ser menor a 40 cm.
- La pantalla se debe de orientar de tal manera que sea visible entre 0° respecto a la horizontal de los ojos y 60° por debajo. (Figura 14)

Figura 14

Correcto Ángulo de Visión para Pantalla



Fuente: Sanz, M. J. (2005).

Las recomendaciones generales para las sillas de trabajo son:

- La altura del asiento se debe de ajustar a la mayoría de la población.
- La longitud del asiento debe de ser inferior a la longitud del muslo.
- La anchura del asiento debe de ajustarse a la dimensión de las caderas.
- El respaldo debe de tener apoyo en la zona lumbar y son preferibles aquellos que tienen soporte en la parte superior de la espalda.
- El respaldo debe de permitir que el usuario adopte diferentes ángulos de inclinación.
- Se recomienda que el respaldo y el asiento cuenten con un recubrimiento transpirable y presenten bordes redondeados.

El reposapiés se ocupa cuando el usuario no puede apoyar sus pies en el suelo y tiene las siguientes recomendaciones:

- El ángulo debe de regularse entre 5° y 15°
- Las medidas mínimas son de 35 cm de profundidad y 45 cm de ancho.
- Debe de contar con superficies antideslizantes para los pies, así como en los apoyos que están con contacto con el suelo. (Sanz, M. J. 2005).

Para poder determinar las dimensiones de la estación de trabajo, se tomarán en cuenta las medidas antropométricas de la población de la zona metropolitana de Guadalajara, se ocupó este estudio por falta de datos correspondientes a la población mexicana en general. La muestra de estudio para la población

masculina está compuesta por 203 hombres y la muestra femenina está compuesta por 278 mujeres. Ambas muestras están formadas por individuos que se encuentran entre 18 y 24 años. (Ávila, C. R., Prado, L. L. y Gonzales, M. E. 2007).

Figura 15

Medidas de Estudiantes de Sexo Femenino de Pie (Vista Lateral)

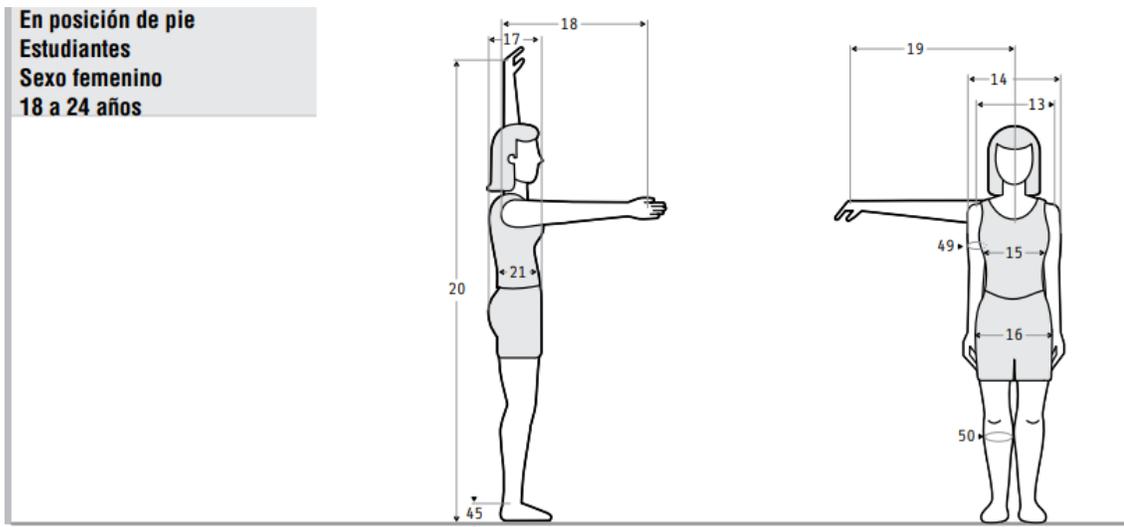


| Dimensiones | | 18 años (n=91) | | | | | 19-24 años (n=187) | | | | |
|-------------|--------------------------|----------------|------|-------------|------|------|--------------------|------|-------------|------|------|
| | | \bar{x} | D.E. | Percentiles | | | \bar{x} | D.E. | Percentiles | | |
| | | | | 5 | 50 | 95 | | | 5 | 50 | 95 |
| 1 | Peso (Kg) | 54.9 | 6.7 | 43.8 | 53.6 | 65.6 | 55.5 | 9.1 | 40.5 | 54 | 70.5 |
| 2 | Estatura | 1572 | 57 | 1478 | 1574 | 1666 | 1586 | 63 | 1485 | 1586 | 1690 |
| 3 | Altura ojo | 1468 | 56 | 1378 | 1468 | 1560 | 1478 | 61 | 1377 | 1482 | 1579 |
| 4 | Altura oído | 1442 | 56 | 1360 | 1444 | 1534 | 1467 | 61 | 1356 | 1460 | 1558 |
| 5 | Altura vertiente humeral | 1306 | 53 | 1219 | 1304 | 1393 | 1316 | 58 | 1220 | 1315 | 1412 |
| 6 | Altura hombro | 1274 | 60 | 1175 | 1280 | 1373 | 1287 | 55 | 1195 | 1290 | 1382 |
| 7 | Altura codo | 994 | 45 | 922 | 995 | 1060 | 1009 | 48 | 930 | 1007 | 1088 |
| 8 | Altura codo flexionado | 969 | 43 | 898 | 974 | 1040 | 976 | 46 | 900 | 976 | 1052 |
| 9 | Altura muñeca | 771 | 36 | 712 | 775 | 830 | 781 | 40 | 715 | 777 | 847 |
| 10 | Altura nudillo | 695 | 34 | 639 | 695 | 751 | 697 | 36 | 638 | 695 | 756 |
| 11 | Altura dedo medio | 605 | 34 | 549 | 608 | 661 | 608 | 34 | 552 | 607 | 664 |
| 12 | Altura rodilla | 445 | 27 | 400 | 445 | 490 | 444 | 28 | 398 | 441 | 490 |

Fuente: Ávila, C. R., Prado, L. L. y Gonzales, M. E. (2007).

Figura 16

Medidas de Estudiante de Sexo Femenino de Pie (Vista Lateral y Frontal)



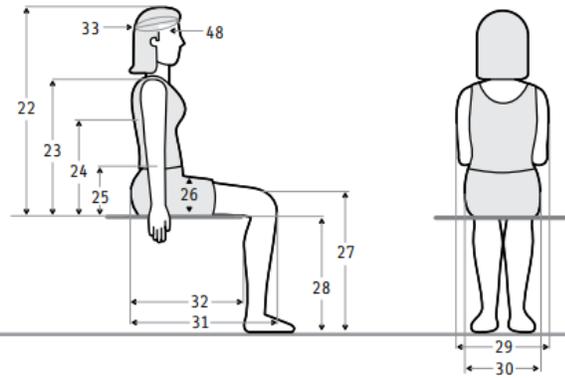
| Dimensiones | 18 años (n=91) | | | | | 19-24 años (n=187) | | | | |
|-------------|----------------|------|-------------|------|------|--------------------|------|-------------|------|------|
| | \bar{x} | D.E. | Percentiles | | | \bar{x} | D.E. | Percentiles | | |
| | | | 5 | 50 | 95 | | | 5 | 50 | 95 |
| 13 | 403 | 24 | 363 | 402 | 442 | 409 | 29 | 361 | 407 | 457 |
| 14 | 436 | 28 | 390 | 430 | 482 | 444 | 32 | 391 | 443 | 497 |
| 15 | 280 | 31 | 229 | 275 | 331 | 295 | 32 | 245 | 291 | 348 |
| 16 | 324 | 24 | 284 | 323 | 364 | 319 | 38 | 256 | 323 | 382 |
| 17 | 241 | 26 | 199 | 237 | 284 | 251 | 33 | 197 | 245 | 305 |
| 18 | 600 | 38 | 537 | 600 | 663 | 627 | 47 | 549 | 622 | 704 |
| 19 | 705 | 35 | 647 | 709 | 763 | 716 | 36 | 657 | 718 | 775 |
| 20 | 1876 | 100 | 1711 | 1894 | 2041 | 1926 | 102 | 1758 | 1920 | 2094 |
| 21 | 184 | 20 | 151 | 184 | 217 | 191 | 23 | 153 | 187 | 229 |
| 45 | 64 | 8 | 51 | 62 | 77 | 63 | 8 | 50 | 63 | 76 |
| 49 | 238 | 21 | 203 | 235 | 273 | 243 | 24 | 203 | 240 | 283 |
| 50 | 327 | 25 | 286 | 330 | 368 | 336 | 24 | 296 | 337 | 376 |

Fuente: Ávila, C. R., Prado, L. L. y Gonzales, M. E. (2007).

Figura 17

Medidas de Estudiantes de Sexo Femenino Sentadas

**En posición sentado
Estudiantes
Sexo femenino
18 a 24 años**



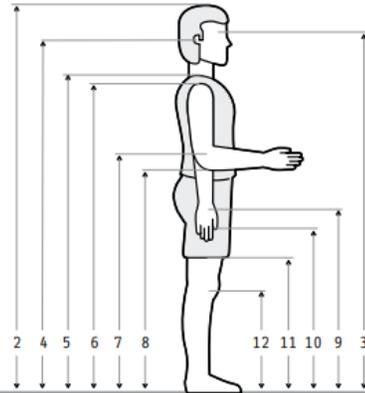
| Dimensiones | 18 años (n=91) | | | | | 19-24 años (n=187) | | | | |
|-------------|----------------|------|-------------|-----|-----|--------------------|------|-------------|-----|-----|
| | χ̄ | D.E. | Percentiles | | | χ̄ | D.E. | Percentiles | | |
| | | | 5 | 50 | 95 | | | 5 | 50 | 95 |
| 22 | 839 | 28 | 793 | 840 | 885 | 838 | 32 | 785 | 840 | 886 |
| 23 | 550 | 26 | 509 | 549 | 588 | 547 | 27 | 502 | 546 | 592 |
| 24 | 427 | 28 | 381 | 427 | 473 | 428 | 29 | 380 | 430 | 476 |
| 25 | 243 | 26 | 200 | 245 | 286 | 240 | 28 | 194 | 239 | 286 |
| 26 | 141 | 13 | 120 | 142 | 162 | 138 | 14 | 115 | 137 | 161 |
| 27 | 478 | 22 | 442 | 478 | 514 | 480 | 25 | 439 | 479 | 521 |
| 28 | 385 | 21 | 352 | 386 | 422 | 399 | 24 | 359 | 400 | 439 |
| 29 | 443 | 50 | 361 | 437 | 526 | 436 | 42 | 367 | 432 | 505 |
| 30 | 374 | 33 | 320 | 374 | 428 | 372 | 33 | 320 | 368 | 431 |
| 31 | 544 | 27 | 499 | 542 | 589 | 549 | 30 | 500 | 547 | 598 |
| 32 | 438 | 28 | 392 | 438 | 484 | 453 | 30 | 404 | 453 | 502 |
| 33 | 183 | 7 | 173 | 183 | 195 | 185 | 8 | 172 | 184 | 198 |
| 48 | 541 | 16 | 515 | 540 | 567 | 547 | 16 | 521 | 546 | 573 |

Fuente: Ávila, C. R., Prado, L. L. y Gonzales, M. E. (2007).

Figura 18

Medidas de Estudiantes de Sexo Masculino de Pie (Vista Lateral)

**En posición de pie
Estudiantes
Sexo masculino
18 a 24 años**

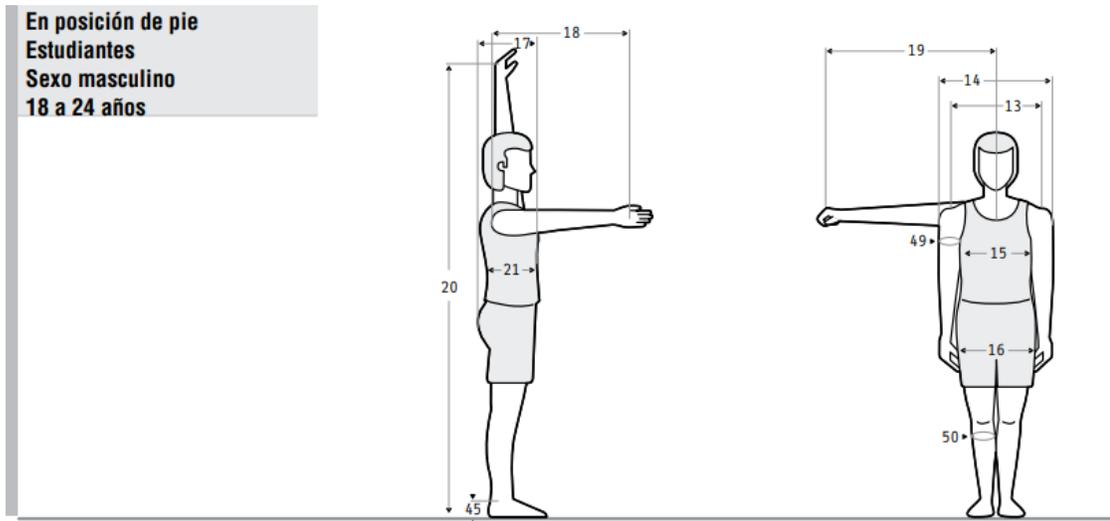


| Dimensiones | 18 años (n=106) | | | | | 19-24 años (n=97) | | | | |
|----------------------------|-----------------|------|-------------|------|------|-------------------|------|-------------|------|------|
| | \bar{x} | D.E. | Percentiles | | | \bar{x} | D.E. | Percentiles | | |
| | | | 5 | 50 | 95 | | | 5 | 50 | 95 |
| 1 Peso (Kg) | 68.1 | 11.6 | 48.9 | 67.2 | 87.2 | 68.2 | 12.4 | 47.7 | 64.9 | 88.7 |
| 2 Estatura | 1707 | 60 | 1608 | 1707 | 1816 | 1709 | 63 | 1605 | 1708 | 1813 |
| 3 Altura ojo | 1591 | 57 | 1497 | 1588 | 1685 | 1595 | 62 | 1493 | 1588 | 1697 |
| 4 Altura oído | 1567 | 57 | 1473 | 1564 | 1661 | 1571 | 62 | 1469 | 1567 | 1673 |
| 5 Altura vertiente humeral | 1425 | 57 | 1331 | 1430 | 1519 | 1428 | 59 | 1331 | 1423 | 1525 |
| 6 Altura hombro | 1392 | 56 | 1300 | 1393 | 1484 | 1395 | 59 | 1298 | 1392 | 1492 |
| 7 Altura codo | 1071 | 47 | 993 | 1073 | 1145 | 1082 | 50 | 1000 | 1081 | 1164 |
| 8 Altura codo flexionado | 1047 | 45 | 973 | 1046 | 1121 | 1052 | 48 | 973 | 1055 | 1131 |
| 9 Altura muñeca | 822 | 46 | 746 | 819 | 897 | 835 | 50 | 752 | 832 | 918 |
| 10 Altura nudillo | 735 | 42 | 665 | 736 | 804 | 744 | 43 | 673 | 744 | 815 |
| 11 Altura dedo medio | 637 | 38 | 574 | 635 | 700 | 649 | 41 | 556 | 649 | 717 |
| 12 Altura rodilla | 485 | 34 | 429 | 485 | 541 | 479 | 30 | 430 | 478 | 529 |

Fuente: Ávila, C. R., Prado, L. L. y Gonzales, M. E. (2007).

Figura 19

Medidas de Estudiante de Sexo Masculino de Pie (Vista Lateral y Frontal)



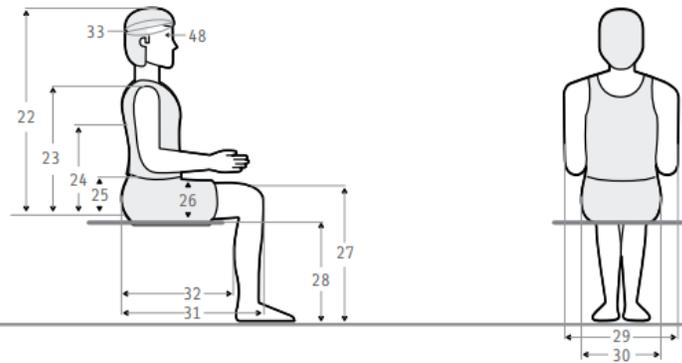
| Dimensiones | | 18 años (n=106) | | | | | 19-24 años (n=97) | | | | |
|-------------|----------------------------|-----------------|------|-------------|------|------|-------------------|------|-------------|------|------|
| | | | | Percentiles | | | | | Percentiles | | |
| | | \bar{x} | D.E. | 5 | 50 | 95 | \bar{x} | D.E. | 5 | 50 | 95 |
| 13 | Diámetro máx. bideltoides | 453 | 34 | 397 | 450 | 509 | 454 | 32 | 401 | 452 | 507 |
| 14 | Anchura máx. cuerpo | 480 | 41 | 412 | 486 | 550 | 488 | 42 | 419 | 485 | 557 |
| 15 | Diámetro transversal tórax | 323 | 31 | 272 | 321 | 374 | 329 | 33 | 274 | 327 | 383 |
| 16 | Diámetro bitrocantérico | 333 | 30 | 284 | 332 | 382 | 324 | 24 | 284 | 323 | 364 |
| 17 | Profundidad máx. cuerpo | 241 | 35 | 200 | 236 | 299 | 247 | 30 | 198 | 244 | 296 |
| 18 | Alcance brazo frontal | 665 | 31 | 614 | 666 | 716 | 682 | 39 | 618 | 679 | 746 |
| 19 | Alcance brazo lateral | 784 | 35 | 726 | 788 | 842 | 784 | 36 | 725 | 782 | 843 |
| 20 | Alcance máx. vertical | 2058 | 113 | 1872 | 2058 | 2244 | 2101 | 91 | 1951 | 2120 | 2251 |
| 21 | Profundidad tórax | 203 | 26 | 160 | 209 | 246 | 208 | 26 | 165 | 208 | 251 |
| 45 | Altura tobillo | 69 | 6 | 61 | 70 | 79 | 71 | 10 | 54 | 72 | 88 |
| 49 | Perímetro brazo | 268 | 34 | 212 | 265 | 324 | 270 | 33 | 216 | 265 | 324 |
| 50 | Perímetro pantorrilla | 348 | 32 | 296 | 350 | 401 | 353 | 29 | 305 | 350 | 401 |

Fuente: Ávila, C. R., Prado, L. L. y Gonzales, M. E. (2007).

Figura 20

Medidas de Estudiantes de Sexo Masculino Sentados

**En posición sentado
Estudiantes
Sexo masculino
18 a 24 años**



| Dimensiones | 18 años (n=106) | | | | | 19-24 años (n=97) | | | | | |
|-------------|-------------------------|------|-------------|-----|-----|-------------------|------|-------------|-----|-----|-----|
| | \bar{x} | D.E. | Percentiles | | | \bar{x} | D.E. | Percentiles | | | |
| | | | 5 | 50 | 95 | | | 5 | 50 | 95 | |
| 22 | Altura normal sentado | 889 | 31 | 839 | 891 | 940 | 888 | 33 | 834 | 890 | 942 |
| 23 | Altura hombro sentado | 584 | 32 | 528 | 585 | 637 | 587 | 32 | 534 | 585 | 640 |
| 24 | Altura omoplato | 445 | 28 | 399 | 450 | 491 | 447 | 29 | 399 | 443 | 495 |
| 25 | Altura codo sentado | 241 | 32 | 188 | 241 | 294 | 241 | 33 | 187 | 241 | 295 |
| 26 | Altura máx. muslo | 152 | 15 | 127 | 153 | 177 | 150 | 15 | 125 | 148 | 175 |
| 27 | Altura rodilla sentado | 525 | 31 | 474 | 528 | 576 | 528 | 26 | 485 | 527 | 571 |
| 28 | Altura poplitea | 427 | 23 | 389 | 428 | 465 | 432 | 24 | 392 | 431 | 472 |
| 29 | Anchura codos | 508 | 56 | 416 | 501 | 600 | 485 | 52 | 399 | 476 | 571 |
| 30 | Anchura cadera sentado | 373 | 33 | 318 | 375 | 427 | 372 | 35 | 314 | 368 | 430 |
| 31 | Longitud nalga-rodilla | 582 | 32 | 529 | 581 | 635 | 588 | 28 | 542 | 584 | 634 |
| 32 | Longitud nalga-popliteo | 459 | 33 | 404 | 458 | 516 | 473 | 33 | 418 | 471 | 527 |
| 33 | Diámetro a-p cabeza | 192 | 7 | 180 | 192 | 204 | 193 | 7 | 181 | 192 | 205 |
| 48 | Perímetro cabeza | 558 | 16 | 532 | 557 | 584 | 566 | 19 | 535 | 568 | 597 |

Fuente: Ávila, C. R., Prado, L. L. y Gonzales, M. E. (2007).

2.8 Procedimientos llevados a cabo en la institución

En entrevistas realizadas a profesores y técnicos relacionados con el Taller de Tecnología avanzada de manufactura (Anexo 1), se les consultó cuáles son las actividades y pasos a seguir para poder llevar a cabo la tarea de replicado de piezas mecánicas, se llevan a cabo las siguientes actividades:

1. Se miden las distancias de las formas geométricas base de la pieza mediante calibradores, micrómetros y usando barras paralelas si la pieza tiene formas orgánicas.
2. Se miden los radios de los redondeos en las aristas de la pieza mediante el uso de galgas, las cuales se colocan en el radio y se comprueba cuál es la medida de este.
3. Se miden los ángulos que puede presentar la pieza mediante el empleo de un goniómetro, también se pueden calcular si se tienen las distancias asociadas al mismo ángulo.
4. Se miden las profundidades presentes en la pieza mediante el empleo de un calibre de profundidad.
5. Se miden las roscas que pueda haber en la pieza, para poder llevar a cabo este paso se ocupan diferentes instrumentos como son el calibrador con el que se obtiene el diámetro exterior o interior de la rosca dependiendo de si externas o internas, para medir el paso de roscas se ocupan galgas para roscas.
6. Se miden alturas mediante el empleo de un gramil y una plancha de granito, que consiste colocar la pieza en una superficie rectificadas a la cual no le afecta de gran forma el empleo constante y medir las alturas deseadas con el gramil que se coloca por encima.
7. Se anotan todos los datos, puede ser de forma analógica o digital para poder modelar la pieza y no tener que repetir mediciones.
8. Se tiene que bocetar la pieza para poder saber a qué parte corresponden las medidas obtenidas.
9. Se modela la pieza utilizando la información obtenida en un software CAD.

2.9 Usuario objetivo.

Edad: 18-25 años

Ocupación: Estudiante universitario, afín a la carrera de ingeniería en diseño, ingeniería industrial, ingeniería mecatrónica e ingeniería automotriz.

Nivel educativo: Universitario

Cocimientos: Conocimientos generales acerca de los procesos de diseño y replicado, cuenta con poca experiencia realizando las dos actividades y acostumbrado a hacer sus trabajos en escritorios de oficina.

Área de estudio: Ingeniería y diseño industrial.

Necesidades: Se necesita que en la estación de trabajo se pueda colocar una computadora personal, es necesario que la estación cuente con una prototipadora rápida para poder evaluar los prototipos, se necesitan asientos cómodos para poder ejecutar las actividades por un periodo de tiempo largo, se necesita contar con una buena iluminación y el sistema debe de contar con una conexión a internet para consultar información de las piezas a desarrollar, tornillo de banco chico, que la altura de la mesa de trabajo se regule, una fuente de luz que se pueda enfocar o ampliar un lugar, recipientes con imanes donde colocar las piezas, que la superficie de medición sea antiderrapante, que la superficie de medición cuente con un área inclinable, que sea sencillo cambiar las fuentes de iluminación.

Espacio de trabajo adecuado: El estudiante universitario/a necesita un espacio de trabajo cómodo y ergonómico que le permita afinar sus habilidades durante largas horas sin experimentar fatiga física.

Almacenamiento: El espacio de trabajo debe ofrecer suficiente almacenamiento para guardar libros, apuntes, artículos y cualquier otra herramienta de estudio que necesiten.

2.10 Benchmarking:

Se realiza un benchmarking con la finalidad de identificar características de diseño útiles para el proyecto que se desarrolló, así como identificar deficiencias para así poder implementarlas o evitarlas según sea el caso.

El primer objeto es un restirador de vidrio templado para dibujo de la marca E-Byte que sirve para desarrollar una de las funciones que se ejecutaran en la estación de trabajo, el bocetado.

El segundo producto es el escritorio multifuncional enfocado en tareas computacionales y de estudio, la empresa que lo desarrolló fue MADESA MUEBLES MÉXICO SA DE CV.

Figura 21

Restirador de Vidrio Templado



Fuente: Mercado Libre (2023).

Tabla 4

Requerimientos y Características Objeto 1 (Benchmarking)

Requerimientos y características:

Funcionales:

Mecanismos: Cuenta con una perilla que eleva la superficie de trabajo por medio de un tornillo sin fin y un engrane de cremallera.

El vidrio regula su inclinación mediante un mecanismo de cuatro barras con seguros.

Versatilidad: Puede regular su ángulo.

Cuenta con una superficie extra de lado izquierdo donde colocar documentos.

Se pueden guardar herramientas de dibujo.

Tiene una charola en la parte derecha para colocar bolígrafos y herramientas habituales.

Acabados: La pintura del sistema es electroestática negra.

Ventajas: Los mecanismos son sencillos por lo que es difícil que lleguen a presentar fallas.

La pintura es duradera.

Es posible colocar un dispositivo de consulta en el panel que no tiene regulación angular.

Desventajas: Para reducir la inclinación de la superficie de dibujo, el usuario la debe de cambiar presionando un elemento metálico en la parte posterior de la superficie.

De uso:

Seguridad: Las patas tienen un recubrimiento de ABS (Acrilonitrilo Butadieno Estireno) por lo que el sistema no se evitan los deslizamientos.

Mantenimiento: Es posible limpiar todas sus superficies con un paño húmedo.

Manejo (Biomecánico): Los cajones se encuentran en medio del sistema.

Se accede al mecanismo de variación angular por la parte posterior del sistema.

Ergonomía y antropometría: Cuenta con una charola de herramientas para que el usuario siempre las encuentre en un solo lugar.

Se adapta a la antropometría del usuario.

Varía su ángulo dependiendo de la necesidad del usuario.

Requerimientos y características:

Transporte: Pesa 27.5 kg por lo que puede ser difícil de transportar.

Desventajas: No es posible reparar o intercambiar alguna pieza en caso de falla.

El usuario debe de separarse de la superficie de trabajo para abrir los cajones de la parte inferior.

El usuario debe de estirarse para acceder a los objetos que pueda llegar a dejar en la encimera de la izquierda.

Técnicos-Productivos

Proceso productivo: Extrusión de metal.

Inyección de plástico.

Fundición, enfriamiento y temple.

Corte de metal y soldadura.

Ventajas: Son procesos de producción relativamente sencillos.

Desventajas: El molde de inyección es caro y difícil de manufacturar.

Morfología:

Estilo de diseño: Presenta un estilo minimalista, está compuesto por líneas rectas, es de aspecto formal por el color negro y transparente de sus componentes y sus medidas son: 90 cm de ancho, 90 cm de alto y 60 cm de profundidad.

Ventajas: Sus colores combinan en cualquier espacio.

Las medidas del sistema son adecuadas para las actividades que se pueden llevar a cabo.

Desventajas: Es difícil que pase desapercibido en un entorno que no está destinado al trabajo.

Figura 22

Escritorio Multifuncional



Fuente: Walmart (2023).

Tabla 5

Requerimientos y Características Objeto 2 (Benchmarking)

Requerimientos y características:

Estructurales:

Número de componentes o piezas: El sistema se compone de tres cajones, una puerta y la estructura principal.

Tipos de ensambles: Las placas que lo componen están unidas por medio de tornillos.

Materiales: Está compuesto por placas de MDP (Aglomerado de media densidad).

Ventajas: El MDP es un material sencillo de utilizar.

Desventajas: El material no permite usarlo para la elaboración de formas curvas.

Los tornillos a largo plazo dañarán el material.

Funcionales:

Requerimientos y características:

Mecanismos: El mecanismo con el que cuenta son bisagras sencillas para abrir y cerrar el compartimiento izquierdo.

Versatilidad: Se pueden almacenar documentos y herramientas de oficina, también se puede colocar una computadora de escritorio o portátil.

Resistencia mecánica y térmica: El vendedor no especifica su resistencia.

Acabados: Está pintado con siete capas de pintura de poliéster negra.

Ventajas: Los mecanismos son sencillos de usar y la pintura empleada es duradera y no requiere de cuidados especiales.

Desventajas: Las bisagras pueden llegar a deteriorar el material.

Uso:

Seguridad: El material no es conductor eléctrico, por lo que en estar en contacto con objetos electrónicos no puede ocasionar descargas eléctricas.

Mantenimiento: El mantenimiento necesario es mínimo, solo se necesita pasar un trapo húmedo para quitar el polvo.

Manejo (Biomecánico): La disposición de los cajones permite que el usuario no se deba de desplazar para poder ocuparlos.

Ergonomía y antropometría: Los cajones y compartimientos permiten que el usuario mantenga sus herramientas en un lugar específico.

El ancho del sistema permite que el usuario tenga todo a su disposición sin tener que moverse.

Transporte: Una vez armado el dispositivo es recomendable transportarlo con protecciones, ya que los acabados se pueden rayar y el aglomerado puede llegar a romperse.

Ventajas: El usuario puede desempeñar sus tareas rápidamente al tener varios compartimientos para herramientas.

Desventajas: La altura de la superficie de trabajo no es regulable por lo que el usuario puede desarrollar problemas musculoesqueléticos.

Tiene bordes rectos por lo que el usuario puede llegar a lastimarse las muñecas o antebrazos con ellas.

Requerimientos y características:

Técnicos-Productivos:

Proceso productivo: Corte de MDP con sierra de mesa, y aplicación de pintura con compresora.

Ventajas: La tecnología para llevarlas a cabo son relativamente baratas y fáciles de usar.

Desventajas: El corte de sierra tiene poca precisión y se desperdicia un poco de material.

Morfología:

Estilo de diseño: Estilo minimalista, se compone de líneas rectas y tiene medidas de 136 cm de largo, 77 cm de altura y 45 cm de profundidad.

Ventajas: El color utilizado le da un aspecto formal y permite que el usuario lo pueda colocar en diferentes espacios.

Desventajas: El estilo formal puede no llegar a ser del agrado de la población juvenil.

Tomando en cuenta el análisis anterior se identificaron características de diseño que se pueden implementar o descartar de en la estación de trabajo:

Tabla 6

Características Positivas y Negativas Aplicables al Proyecto

| Características positivas: | Características negativas: |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none">• Variación de inclinación de la superficie de trabajo mediante un tornillo sin fin.• Charola donde colocar herramientas de dibujo habituales.• No se necesita un mantenimiento especial, solo se necesita limpiar con un paño húmedo.• Estilo minimalista compuesto por líneas rectas y un solo color.• Uniones permanentes y semipermanentes (Soldadura y tornillos) | <ul style="list-style-type: none">• El usuario debe alejarse de la superficie de trabajo para acceder a las herramientas.• El usuario debe trasladarse a la parte lateral del sistema para cambiar la inclinación de la superficie de trabajo.• El uso de moldes de inyección para su manufactura incrementa su costo• Presencia de bordes rectos en superficies que están en contacto con las extremidades del usuario. |

Capítulo 3: Análisis conceptual

Tomando en cuenta la metodología de Ulrich y Eppinger en lo que corresponde a la fase de desarrollo de concepto, el siguiente paso a desarrollar es la identificación de las necesidades con el que se consigue: que el objeto cumpla con las necesidades del cliente, identificar las necesidades evidentes y ocultas, proporcionar una justificación para las especificaciones del objeto, proporcionar un registro de las necesidades, garantizar que todas las necesidades sean cubiertas y desarrollar un entendimiento de las necesidades en el diseñador. (Ulrich y Eppinger, 2013)

Un factor que tomar en cuenta en esta etapa del proyecto es la diferencia entre las necesidades y las especificaciones, las necesidades son independientes del concepto de diseño que se busca generar o de cualquier otro objeto, mientras que las especificaciones dependen del concepto que se genera y de las limitaciones económicas y técnicas.

Los pasos necesarios para identificar las necesidades son los siguientes:

1. Recopilar datos sin procesar de los usuarios y procesos.
2. Interpretar los datos sin procesar en términos de las necesidades de usuarios y procedimientos.
3. Organizar las necesidades en una jerarquía de necesidades primarias, secundarias y, de ser necesario, terciarias.
4. Establecer la importancia relativa de las necesidades.
5. Reflexionar en los resultados y el proceso.

3.1 Necesidades y requerimientos ergonómicos

De acuerdo con la información recabada en el Anexo 3 y el Capítulo 2 correspondientes al apartado de antropometría y ergonomía, se identifican recomendaciones ergonómicas y datos antropométricos, con los cuales se pueden establecer los siguientes requerimientos y necesidades:

Tabla 7

Lista de Necesidades Ergonómicas

| Lista de necesidades ergonómicas | |
|---|---|
| 1. | El asiento debe de ser cómodo. |
| 2. | El área de trabajo se adapta a la antropometría del usuario. |
| 3. | El suelo de la estación permite que el usuario se encuentre cómodo, estando de pie. |
| 4. | El sistema en general es cómodo y organizado. |
| 5. | El sistema cuenta con un dispositivo donde colocar los pies. |

De acuerdo con las necesidades identificadas, se organizan en grupos con sus requerimientos y se les da una jerarquía de requerimientos primarios (*), secundarios (**), y terciarios (***).

Para identificar las medidas de algunos requerimientos se ocuparon las medidas antropométricas, como mínimo se ocupa el percentil 5 de mujeres de 18 años en adelante y como máximo se ocupa el percentil 95 de hombres de 19 a 24 años, para abarcar el mayor porcentaje posible.

Tabla 8

Grupos de Requerimientos Ergonómicos

| Jerarquía | Grupos de requerimientos ergonómicos |
|---|--|
| Necesidad 1. El asiento debe ser cómodo | |
| * | R1. Poder cambiar entre diferentes posturas |
| * | R2. El asiento se ajusta a la altura del usuario (35 cm-47 cm) |
| ** | R3. El asiento proporciona apoyo a la zona lumbar |
| ** | R4. Los codos cuentan con apoyos acolchados |
| ** | R5. La profundidad del asiento debe de ajustarse (47 cm-39 cm) |
| *** | R6. El asiento y respaldo debe de tener un recubrimiento de algún material transpirable y debe tener bordes redondos |
| Necesidad 2. El área de trabajo se adapta a la antropometría del usuario | |
| * | R7. La superficie se encuentra a 5 cm por debajo de la altura del codo (50 cm-76 cm por encima del nivel del suelo). |

| Jerarquía | Grupos de requerimientos ergonómicos |
|------------------|--|
| | Necesidad 1. El asiento debe ser cómodo |
| ** | R8. La superficie de medición tiene medidas mínimas de 0.6 m x 0.6 m |
| ** | R9. Las muñecas cuentan con apoyos acolchados |
| ** | R10. Los antebrazos cuentan con apoyos acolchados |
| | Necesidad 3. El suelo de la estación permite que el usuario se encuentre cómodo, estando de pie. |
| *** | R11. El suelo este acolchado para proporcionar comodidad si el usuario se levanta |
| | Necesidad 4. El sistema en general es cómodo y está organizado. |
| * | R12. Las herramientas cuentan con un sitio definido de almacenamiento. |
| * | R13. La estación de trabajo está bien iluminada. |
| ** | R14. La disposición del sistema permite que el usuario no deba de efectuar giros del tronco o el cuello |
| *** | R15. Los bordes en contacto con las extremidades no tienen bordes rectos |
| | Necesidad 5. El sistema cuenta con un dispositivo donde apoyar los pies. |
| * | R16. Las medidas mínimas del reposapiés son de 35 cm de profundidad por 45 cm de ancho |
| * | R17. El reposapiés se regula entre 5° y 15° |
| ** | R18. El reposapiés cuenta con superficies antideslizantes para los pies y las superficies que están en contacto con el suelo |

Nota: R(N) es el número de requerimiento.

El diseñador asignó un valor de importancia a los requerimientos de acuerdo con la siguiente escala:

1. La función es indeseable. No se considera al objeto con esa función.
2. La función no es importante, pero no me importaría tenerla.
3. Sería bueno tener esa función, pero no es necesaria.
4. La función es altamente deseable, pero consideraría un producto sin ella.
5. La función es de importancia crítica. No consideraría un producto sin esta función.

Tabla 9

Valor de Importancia de Requerimientos Ergonómicos

| Requerimientos ergonómicos. | | | |
|------------------------------------|---------------------|--|------------------------------|
| Núm. | | Necesidad | Valor de importancia. |
| 1. | Asiento | R2. El asiento se ajusta a la altura del usuario (35 cm-47 cm) | 5 |
| 2. | Estación de trabajo | R7. La superficie se encuentra a 5 cm por debajo de la altura del codo (50 cm-76 cm por encima del nivel del suelo). | 5 |
| 3. | Módulo de medición | R8. La superficie de medición tiene medidas mínimas de 0.6 m * 0.6 m | 5 |
| 4. | Estación de trabajo | R12. Las herramientas cuentan con un sitio definido de almacenamiento. | 5 |

Requerimientos ergonómicos.

| Núm. | Necesidad | Valor de importancia. |
|-------------|--|------------------------------|
| 5. | Estación de trabajo R13. La estación de trabajo está bien iluminada. | 5 |
| 6. | Reposapiés R16. Las medidas mínimas del reposapiés son de 35 cm de profundidad por 45 cm de ancho | 4 |
| 7. | Asiento R1. Poder cambiar entre diferentes posturas | 4 |
| 8. | Asiento R3. El asiento proporciona apoyo a la zona lumbar | 4 |
| 9. | Estación de trabajo R9. Las muñecas cuentan con apoyos acolchados | 4 |
| 10. | Estación de trabajo R10. Los antebrazos cuentan con apoyos acolchados | 4 |
| 11. | Estación de trabajo R14. La disposición del sistema permite que el usuario no deba de efectuar giros del tronco o el cuello | 4 |
| 12. | Estación de trabajo R15. Los bordes en contacto con las extremidades no tienen bordes rectos | 4 |
| 13. | Reposapiés R17. El reposapiés se regula entre 5° y 15° | 4 |
| 14. | Reposapiés R18. El reposapiés cuenta con superficies antideslizantes para los pies y las superficies que están en contacto con el suelo | 4 |
| 15. | Asiento R4. Los codos cuentan con apoyos acolchados | 3 |
| 16. | Asiento R5. La profundidad del asiento debe de ajustarse (51 cm-39.2 cm) | 3 |
| 17. | Asiento R6. El asiento y respaldo debe de tener un recubrimiento de algún material transpirable y debe tener bordes redondos | 3 |
| 18. | Estación de trabajo R11. El suelo este acolchado para proporcionar comodidad si el usuario se levanta | 3 |

Nota: R(N) es el número de requerimiento.

3.2 Necesidades y Requerimientos de los procesos

Conforme a la información obtenida en el capítulo 2 correspondiente a los procesos de diseño o replicado de piezas mecánicas, se identifican las siguientes necesidades y sus requerimientos.

Tabla 10

Lista de Necesidades de los Procesos

| Lista de necesidades de los procesos | |
|---|-----------------------------|
| 1. | Poder realizar bocetos |
| 2. | Realizar modelos CAD |
| 3. | Tomar medidas de las piezas |
| 4. | Realizar prototipos |

De acuerdo con las necesidades identificadas, se organizan en grupos con sus requerimientos organizados por su similitud y se les da una jerarquía de necesidades primarias (*), secundarias (**), y terciarias (***).

Tabla 11

Grupos de Requerimientos de los Procesos

| Jerarquía | Grupos de requerimientos de los procesos |
|---|---|
| Necesidad 1. Poder realizar bocetos | |
| * | R1. Contar con una superficie lisa de mínimo 42 cm * 30 cm (Dos hojas tamaño A4) |
| * | R2. Superficie de trabajo con inclinación variable (0° a 30°) |
| ** | R3. Cajón donde colocar plumas y lápices (20 cm * 6 cm) |
| ** | R4. Cajón donde colocar escuadras (30 cm * 30 cm) |
| *** | R5. Organizador para hojas tamaño carta (32 cm * 24 cm) |
| Necesidad 2. Realizar modelos CAD | |
| * | R6. Contar con una base para la computadora de escritorio de los alumnos |
| * | R7. La pantalla debe de estar a una distancia mínima de 40 cm de los ojos del usuario |
| ** | R8. La pantalla se debe de orientar de tal manera que sea completamente visible de 0° a 60° respecto a la horizontal de visión del usuario. |
| ** | R9. Contar con una almohadilla en la ubicación del ratón para el confort de la muñeca. |
| ** | R10. Contar con conexión a internet. |
| Necesidad 3. Tomar medidas de las piezas | |
| * | R11. Compartimiento para galga de radios (16.3 cm * 8.2 cm * 1.2 cm) |
| * | R12. Compartimiento para vernier (39.37 cm * 3.81 cm * 1.27 cm) |
| * | R13. Compartimiento para goniómetro (20 cm * 10 cm * 4 cm) |
| * | R14. Compartimiento para flexómetro (5 cm * 5 cm * 3.5 cm) |
| * | R15. Compartimiento para galga de roscas estándar (7 cm * 1.27 cm 1.02 cm) |
| * | R16. Compartimiento para galga de roscas métricas (7 cm * 1.27 cm 1.02 cm) |

| Jerarquía | Grupos de requerimientos de los procesos |
|-----------|---|
| | Necesidad 1. Poder realizar bocetos |
| * | R17. Compartimiento para micrómetro (14 cm * 6.6 cm * 2.8 cm) |
| * | R18. Mesa de granito (30.5 cm* 22.9 cm * 7.62 cm) |
| * | R19. Compartimiento para vernier de alturas (35 cm * 22 cm * 12 cm) |
| ** | R20. Proteger herramientas del polvo |
| *** | R21. Herramientas protegidas de vibraciones |
| *** | R22. Mordaza de banco (18 cm * 35.6 cm * 20 cm) |
| | Necesidad 4. Realizar prototipos |
| * | R23. Contar con prototipadora rápida (42 cm* 44 cm * 47 cm) |
| ** | R24. Compartimiento para almacenar filamento (22 cm*22 cm*15 cm) |

Nota: R(N) es el número de requerimiento.

El diseñador asignó un valor de importancia a las necesidades de acuerdo con la siguiente escala:

1. La función es indeseable. No se considera al objeto con esa función.
2. La función no es importante, pero no me importaría tenerla.
3. Sería bueno tener esa función, pero no es necesaria.
4. La función es altamente deseable, pero consideraría un producto sin ella.
5. La función es de importancia crítica. No consideraría un producto sin esta función.

Tabla 12

Valor de Importancia de Requerimientos de los Procesos

| Requerimientos de los procesos | | | |
|--------------------------------|--------------------|---|-----------------------|
| Núm. | | Necesidad | Valor de importancia. |
| 1. | Módulo de modelado | R6. Contar con una base para la computadora de escritorio de los alumnos | 5 |
| 2. | Módulo de modelado | R7. La pantalla debe de estar a una distancia mínima de 40 cm de los ojos del usuario | 5 |
| 3. | Módulo de modelado | R8. La pantalla se debe de orientar de tal manera que sea completamente visible de 0° a 60° respecto a la horizontal de visión del usuario. | 5 |
| 4. | Módulo de modelado | R10. Contar con conexión a internet. | 5 |
| 5. | Módulo de medición | R11. Compartimiento para galga de radios (16.3 cm * 8.2 cm * 1.2 cm) | 5 |
| 6. | Módulo de medición | R12. Compartimiento para vernier (39.37 cm * 3.81 cm * 1.27 cm) | 5 |
| 7. | Módulo de medición | R13. Compartimiento para goniómetro (20 cm * 10 cm * 10 cm) | 5 |
| 8. | Módulo de medición | R14. Compartimiento para flexómetro (6.5 cm * 6.5 cm * 3.5 cm) | 5 |
| 9. | Módulo de medición | R15. Compartimiento para galga de roscas estándar (7 cm * 1.27 cm 1.02 cm) | 5 |
| 10. | Módulo de medición | R16. Compartimiento para galga de roscas métricas (7 cm * 1.27 cm 1.02 cm) | 5 |

| Requerimientos de los procesos | | | |
|---------------------------------------|-----------------------|--|------------------------------|
| Núm. | | Necesidad | Valor de importancia. |
| 11. | Módulo de medición | R17. Compartimiento para micrómetro (14 cm * 6.6 cm * 2.8 cm) | 5 |
| 12. | Módulo de medición | R18. Mesa de granito (30.5 cm* 22.9 cm * 7.62 cm) | 5 |
| 13. | Módulo de medición | R19. Compartimiento para vernier de alturas (35 cm * 22 cm * 12 cm) | 5 |
| 14. | Módulo de bocetado | R2. Superficie de trabajo con inclinación variable (0° a 30°) | 5 |
| 15. | Módulo de bocetado | R1. Contar con una superficie lisa de mínimo 42 cm * 30 cm (Dos hojas tamaño A4) | 5 |
| 16. | Módulo de medición | R21. Herramientas protegidas de vibraciones | 4 |
| 17. | Módulo de modelado | R9. Contar con una almohadilla en la ubicación del ratón para el confort de la muñeca. | 4 |
| 18. | Módulo de medición | R20. Proteger herramientas del polvo | 4 |
| 19. | Módulo de medición | R22. Mordaza de banco (18 cm * 35.6 cm * 20 cm) | 3 |
| 20. | Módulo de prototipado | R23. Contar con prototipadora rápida (42 cm* 44 cm * 47 cm) | 3 |
| 21. | Módulo de bocetado | R3. Cajón donde colocar plumas y lápices (20 cm * 6 cm) | 3 |
| 22. | Módulo de bocetado | R4. Cajón donde colocar escuadras (30 cm * 30 cm) | 3 |
| 23. | Módulo de prototipado | R24. Compartimiento para almacenar filamento (22 cm * 22 cm * 15 cm) | 3 |
| 24. | Módulo de bocetado | R5. Organizador para hojas tamaño carta (32 cm * 24 cm) | 2 |

Nota: R(N) es el número de requerimiento.

3.3 Necesidades y Requerimientos del usuario

Los requerimientos y necesidades del usuario se identifican a partir del perfil de usuario objetivo llevado a cabo en el capítulo 2.

Tabla 13

Lista de Necesidades del Usuario

| Lista de necesidades del usuario | |
|---|---|
| 1. | Usar su propia computadora personal. |
| 2. | Sujetar las piezas en diferentes ángulos. |
| 3. | Enfocar la luz en un lugar específico. |
| 4. | Almacenar piezas. |
| 5. | Medir piezas sin que se resbalen o rayen. |
| 6. | Mantenimiento sencillo. |

Tabla 14

Grupos de requerimientos del usuario

| Jerarquía | Grupos de requerimientos del usuario |
|------------------|---|
| | Necesidad 1. El usuario puede ocupar su computadora personal |
| * | R1. Base para computadora personal. |
| * | R2. Conexiones eléctricas 120 V AC |
| ** | R3. Ventiladores en la parte inferior de la base. |
| *** | R4. Mouse pad (24 cm * 21 cm * 2 cm) |
| | Necesidad 2. Sujetar la pieza a ángulos definidos. |
| * | R5. Mordaza de banco inclinable. |
| ** | R6. Superficie de medición inclinable. |
| ** | R7. Soportes de sujeción de piezas en la superficie de medición. |
| | Necesidad 3. Enfocar la luz en un punto específico. |
| * | R8. Lámpara de brazo articulado (61 cm * 12.7 cm * 15.24 cm) |
| ** | R9. Lámpara de intensidad variable |
| ** | R10. Lámpara de enfoque variable. |
| | Necesidad 4. Guardar piezas. |
| * | R11. Contenedores de piezas pequeñas (Pieza \leq 2.54 cm) |
| * | R12. Contenedores de piezas medianas (2.54 cm < Pieza \leq 15 cm) |
| ** | R13. Base imantada (30 cm*30 cm) |
| | Necesidad 5. Mesa para medir piezas sin que se rayen. |
| * | R14. Recubrimiento de goma de neopreno de 3 mm de espesor. |
| ** | R15. Superficie graduada con ángulos y magnitudes lineales (in) |
| | Necesidad 6. Mantenimiento sencillo |

| Jerarquía | Grupos de requerimientos del usuario |
|-----------|--|
| | Necesidad 1. El usuario puede ocupar su computadora personal |
| * | R16. Fuentes de luz accesibles al usuario para su reemplazo. |
| ** | R17. Piezas móviles intercambiables. |

Nota: R(N) es el número de requerimiento.

El diseñador asigna un valor de importancia a las necesidades de acuerdo con la siguiente escala:

1. La función es indeseable. No se considera al objeto con esa función.
2. La función no es importante, pero no me importaría tenerla.
3. Sería bueno tener esa función, pero no es necesaria.
4. La función es altamente deseable, pero consideraría un producto sin ella.
5. La función es de importancia crítica. No consideraría un producto sin esta función.

Tabla 15
Valor de importancia de requerimientos del usuario

| Requerimientos del usuario | | | Valor de importancia. |
|----------------------------|---|--|-----------------------|
| Núm. | | Necesidad | |
| 1. | Módulo de modelado | R1. Base para computadora personal. | 5 |
| 2. | Módulo de medición / Módulo de bocetado | R8. Lámpara de brazo articulado (61 cm * 12.7 cm * 15. 24 cm) | 5 |
| 3. | Estación de trabajo | R2. Conexiones eléctricas 120 V AC | 5 |
| 4. | Módulo de medición | R14. Recubrimiento de goma de neopreno de 3 mm de espesor. | 4 |
| 5. | Módulo de modelado | R3. Ventiladores en la parte inferior de la base. | 4 |
| 6. | Módulo de modelado | R4. Mouse pad (24 cm * 21 cm * 2 cm) | 4 |
| 7. | Módulo de medición | R5. Mordaza de banco inclinable. | 4 |
| 8. | Módulo de medición | R6. Superficie de medición inclinable. | 4 |
| 9. | Módulo de medición | R11. Contenedores de piezas pequeñas (Pieza =< 2.54 cm) | 4 |
| 10. | Módulo de medición | R12. Contenedores de piezas medianas (2.54 cm < Pieza ≤ 10 cm) | 4 |
| 11. | Módulo de medición | R13. Base imantada (30 cm*30 cm) | 3 |
| 12. | Estación de trabajo | R16. Fuentes de luz accesibles al usuario para su reemplazo. | 3 |
| 13. | Módulo de medición | R7. Soportes de sujeción de piezas en la superficie de medición. | 3 |

| Requerimientos del usuario | | | |
|-----------------------------------|---|---|---|
| Núm. | Necesidad | Valor de importancia. | |
| 14. | Módulo de medición / Módulo de bocetado | R9. Lámpara de intensidad variable | 3 |
| 15. | Módulo de medición / Módulo de bocetado | R10. Lámpara de enfoque variable. | 3 |
| 16. | Estación de trabajo | R17. Piezas móviles intercambiables. | 2 |
| 17. | Módulo de medición | R15. Superficie graduada con ángulos y magnitudes lineales (in) | 2 |

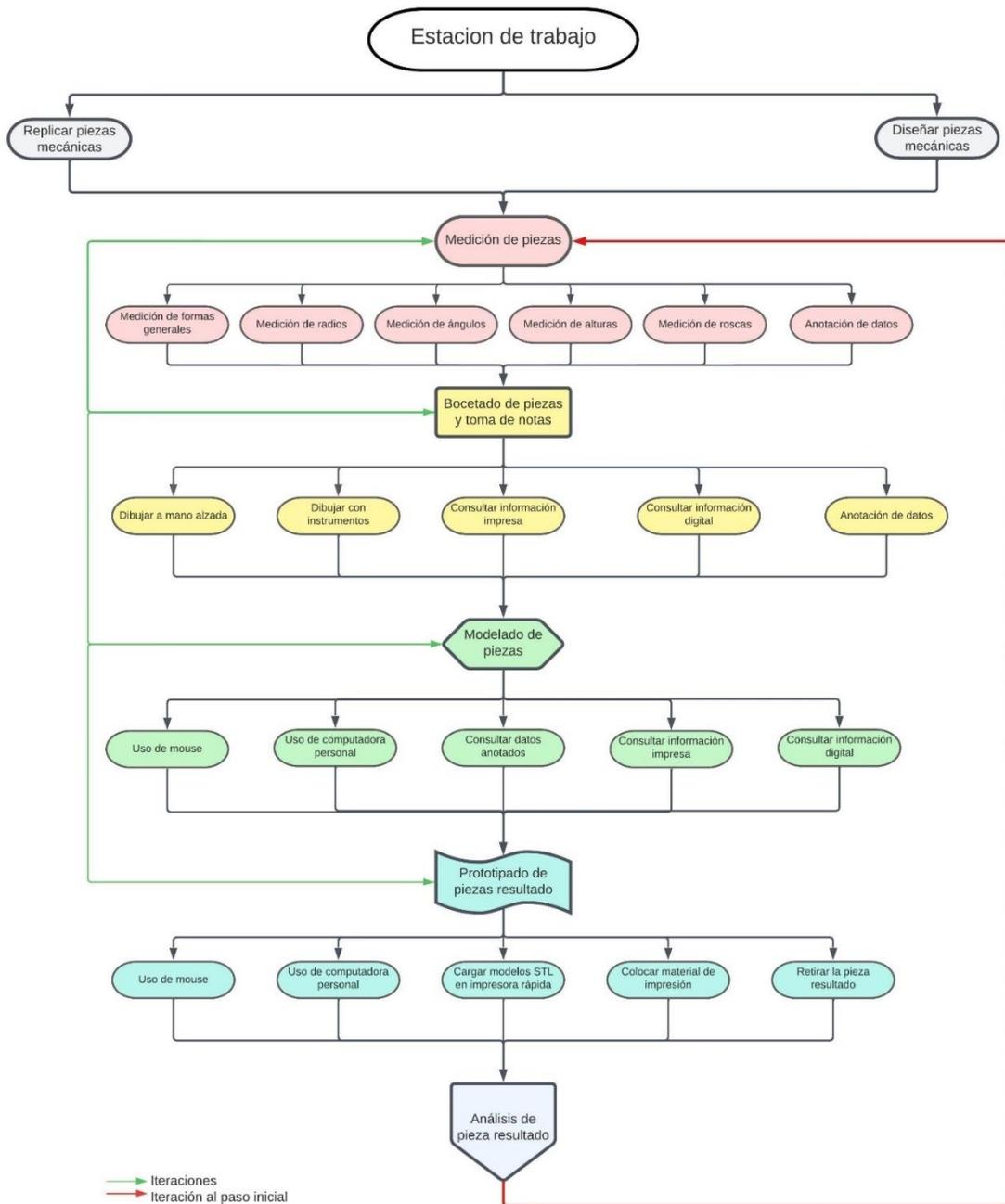
Nota: R(N) es el número de requerimiento, las medidas de las herramientas y accesorios corresponden a los objetos que se encuentran en el mercado.

3.4 Mapa conceptual de la arquitectura del sistema

Con el objetivo de identificar el orden de las actividades y sus relaciones dentro de los procesos de diseño y replicado de piezas mecánicas se representan en un diagrama de flujo (Figura 23), el cual sirve como base para desarrollar la arquitectura del sistema.

Figura 23

Diagrama de Flujo del Uso de la Estación de Trabajo



3.5 Esquema de funcionalidad de los subsistemas

Sabiendo cuáles son las tareas que comparten una misma área y como se relacionan las áreas entre sí, se identifica el orden en el que las áreas deben de ser colocadas, además se identifican las medidas preliminares de cada área (Figura 24,25).

Figura 24

Esquema de Relación de Actividades de la Estación de Trabajo

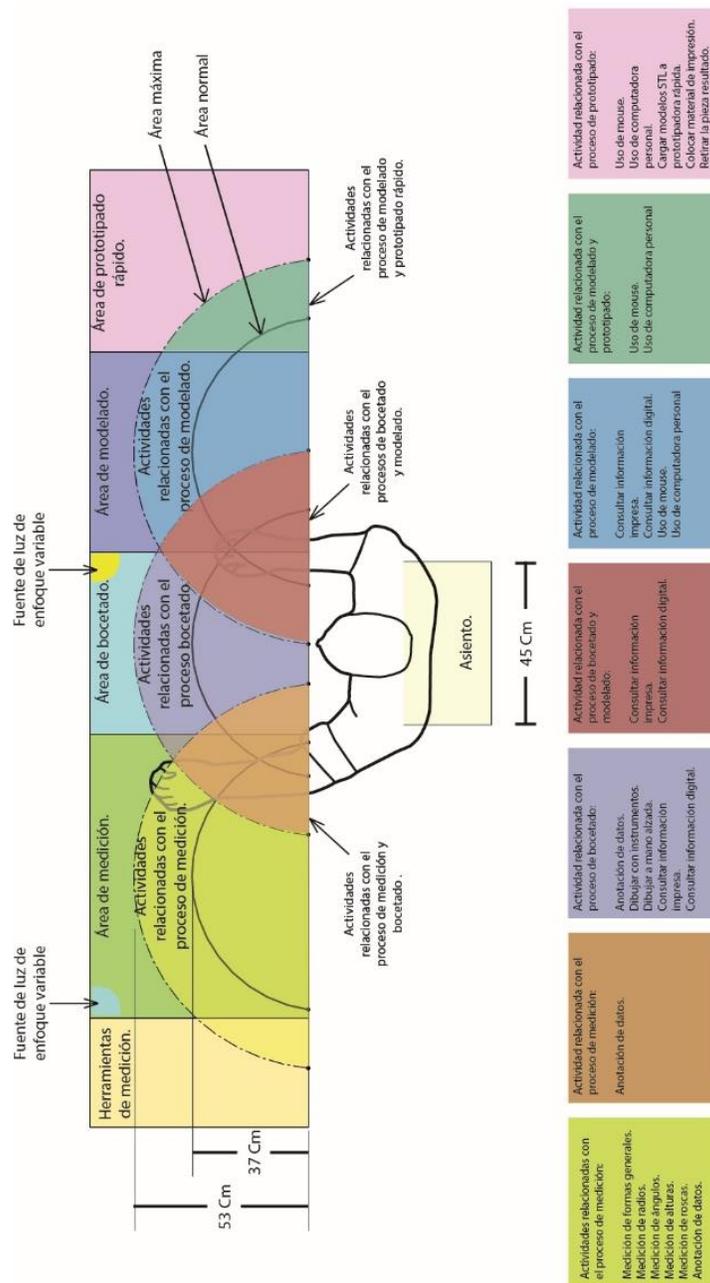
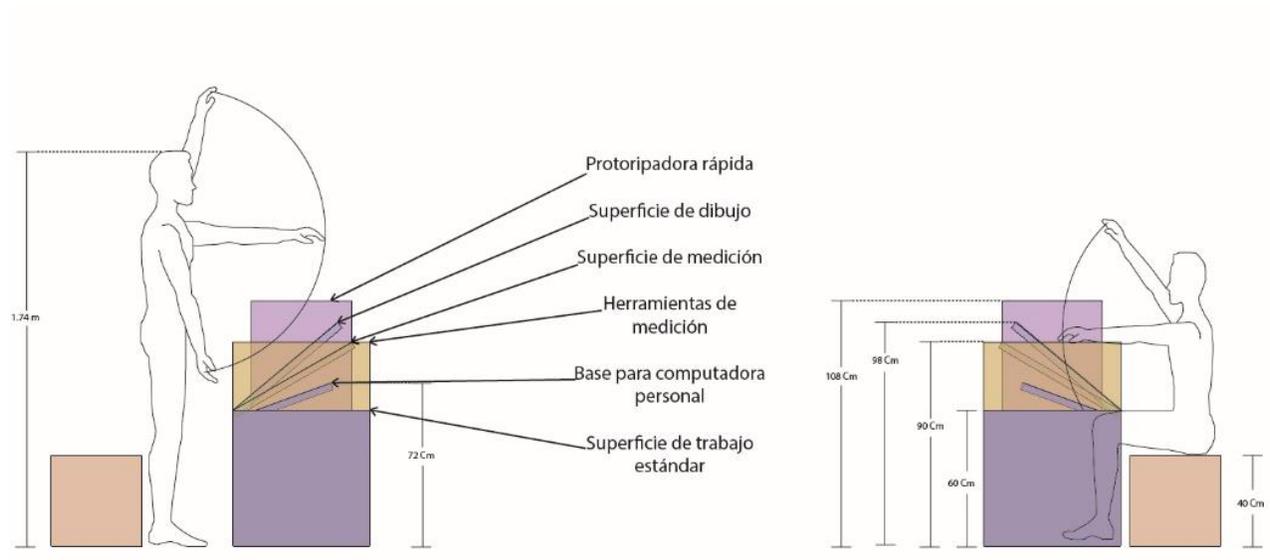


Figura 25

Altura Preliminar de Áreas



Para dar solución a los requerimientos de diseño, se asigna al área donde se implementarán (Tabla 16) y así generaron propuestas de diseño adecuadas.

Tabla 16

Requerimientos de Áreas

| Requerimientos de áreas | | | | | | |
|-------------------------|--|--|---|---|---|--|
| Valor de importancia | Herramientas de medición | Área de medición | Área de bocetado | Área de modelado | Área de prototipado rápido | Asiento |
| 5 | <input type="checkbox"/> Compartimiento para galga de radios (16.3 cm * 8.2 cm * 1.2 cm) | <input type="checkbox"/> Compartimiento para vernier (23 cm * 8 cm * 2 cm) | <input type="checkbox"/> La superficie se encuentra a 5 cm por debajo de la altura del codo (50 cm-76 cm por encima del nivel del suelo). | <input type="checkbox"/> La superficie se encuentra a 5 cm por debajo de la altura del codo (50 cm-76 cm por encima del nivel del suelo). | <input type="checkbox"/> La superficie se encuentra a 5 cm por debajo de la altura del codo (50 cm-76 cm por encima del nivel del suelo). | <input type="checkbox"/> El asiento se ajusta a la altura del usuario (35 cm * 47 cm) |
| | <input type="checkbox"/> Compartimiento para goniómetro (15 cm * 6 cm * 8 cm) | <input type="checkbox"/> Compartimiento para flexómetro (6.5 cm * 6.5 cm * 3.5 cm) | <input type="checkbox"/> La superficie se encuentra a 5 cm por debajo de la altura del codo (50 cm-76 cm por encima del nivel del suelo). | <input type="checkbox"/> Superficie de trabajo con inclinación variable (0° a 30°) | <input type="checkbox"/> La pantalla debe de estar a una distancia mínima de 40 cm de los ojos del usuario. | <input type="checkbox"/> Poder cambiar entre diferentes posturas. |
| | <input type="checkbox"/> Compartimiento para galga de roscas estándar (7 cm * 1.27 cm 1.02 cm) | <input type="checkbox"/> Lámpara de brazo articulado. | <input type="checkbox"/> La superficie de medición tiene medidas mínimas de 0.6 m * 0.6 m | <input type="checkbox"/> Contar con una superficie lisa de mínimo 42 cm * 30 cm (Dos hojas tamaño A4) | <input type="checkbox"/> La pantalla se debe orientar de tal manera que sea completamente visible de 0° a 60° respecto a la horizontal de visión del usuario. | <input type="checkbox"/> El asiento proporciona apoyo a la zona lumbar |
| | <input type="checkbox"/> Compartimiento para galga de roscas métricas (7 cm * 1.27 cm 1.02 cm) | <input type="checkbox"/> Lámpara de brazo articulado. | <input type="checkbox"/> La superficie de medición tiene medidas mínimas de 0.6 m * 0.6 m | <input type="checkbox"/> Contar con una conexión a internet. | <input type="checkbox"/> Contar con conexión a internet. | <input type="checkbox"/> El asiento proporciona apoyo a la zona lumbar |
| | <input type="checkbox"/> Compartimiento para micrómetro (14 cm * 6.6 cm * 2.8 cm) | <input type="checkbox"/> Mesa de granito (30.5 cm * 22.9 cm * 7.62 cm) | <input type="checkbox"/> Lámpara de brazo articulado. | <input type="checkbox"/> Contar con una superficie lisa de mínimo 42 cm * 30 cm (Dos hojas tamaño A4) | <input type="checkbox"/> Contar con conexión a internet. | <input type="checkbox"/> El asiento proporciona apoyo a la zona lumbar |
| | <input type="checkbox"/> Mesa de granito (30.5 cm * 22.9 cm * 7.62 cm) | <input type="checkbox"/> Herramientas protegidas de vibraciones | <input type="checkbox"/> Recubrimiento de goma de neopreno de 3 mm de espesor. | <input type="checkbox"/> Lámpara de brazo articulado. | <input type="checkbox"/> Conexiones eléctricas 120 V AC | <input type="checkbox"/> El asiento proporciona apoyo a la zona lumbar |
| | <input type="checkbox"/> Herramientas protegidas de vibraciones | <input type="checkbox"/> Contenedores de piezas medianas (2.54 cm < Pieza ≤ 15 cm) | <input type="checkbox"/> Tornillo de banco inclinable. | <input type="checkbox"/> Contar con una almohadilla en la parte inferior de la base. | <input type="checkbox"/> Contar con una almohadilla en la parte inferior de la base. | <input type="checkbox"/> El reposapiés se regula entre 5° y 15°. |
| | <input type="checkbox"/> Herramientas protegidas de vibraciones | <input type="checkbox"/> Contenedores de piezas medianas (2.54 cm < Pieza ≤ 15 cm) | <input type="checkbox"/> Superficie de medición inclinable. | <input type="checkbox"/> Mouse pad | <input type="checkbox"/> Mouse pad | <input type="checkbox"/> El reposapiés cuenta con superficies antideslizantes para los pies y las superficies que están en |
| | <input type="checkbox"/> Herramientas protegidas de vibraciones | <input type="checkbox"/> Contenedores de piezas medianas (2.54 cm < Pieza ≤ 15 cm) | <input type="checkbox"/> Contenedores de piezas pequeñas (Pieza =< 2.54 cm) | <input type="checkbox"/> Mouse pad | <input type="checkbox"/> Mouse pad | <input type="checkbox"/> El reposapiés cuenta con superficies antideslizantes para los pies y las superficies que están en |
| | 4 | <input type="checkbox"/> Herramientas protegidas de vibraciones | <input type="checkbox"/> Contenedores de piezas medianas (2.54 cm < Pieza ≤ 15 cm) | <input type="checkbox"/> Mouse pad | <input type="checkbox"/> Mouse pad | <input type="checkbox"/> Mouse pad |

Requerimientos de áreas

| Valor de importancia | Herramientas de medición | Área de medición | Área de bocetado | Área de modelado | Área de prototipado rápido | Asiento |
|----------------------|---|---|--|--|---|---------|
| 3 | <input type="checkbox"/> Fuentes de luz accesibles al usuario para su reemplazo. <input type="checkbox"/> Soportes de sujeción de piezas en la superficie de medición. <input type="checkbox"/> Lámpara intensidad variable. <input type="checkbox"/> Lámpara de enloque variable. <input type="checkbox"/> Mordaza de banco (18 cm * 35.6 cm * 20.2 cm). | <input type="checkbox"/> Fuentes de luz accesibles al usuario para su reemplazo. <input type="checkbox"/> Soportes de sujeción de piezas en la superficie de medición. <input type="checkbox"/> Lámpara intensidad variable. <input type="checkbox"/> Lámpara de enloque variable. <input type="checkbox"/> Mordaza de banco (18 cm * 35.6 cm * 20.2 cm). | <input type="checkbox"/> Cajón donde colocar plumas y lápices (20 cm * 6 cm) <input type="checkbox"/> Cajón donde colocar escuadras (30 cm * 30 cm) <input type="checkbox"/> Fuentes de luz accesibles al usuario para su reemplazo. <input type="checkbox"/> Lámpara intensidad variable. <input type="checkbox"/> Lámpara de enloque variable. | <input type="checkbox"/> Contar con prototipadora rápida (42 cm * 44 cm * 47 cm) <input type="checkbox"/> Compartimiento para almacenar filamento (22 cm * 22 cm * 15 cm) | <input type="checkbox"/> Los codos cuentan con apoyos acolchados <input type="checkbox"/> La profundidad del asiento debe ajustarse (51 cm-39.2 cm) <input type="checkbox"/> El asiento y respaldo debe tener recubrimiento de algún material transpirable y debe tener bordes redondos | |
| 2 | <input type="checkbox"/> Superficie graduada con ángulos y magnitudes lineales (in) | <input type="checkbox"/> Organizador para hojas tamaño carta (32 cm * 24 cm) | | | | |
| 1 | | | | | | |

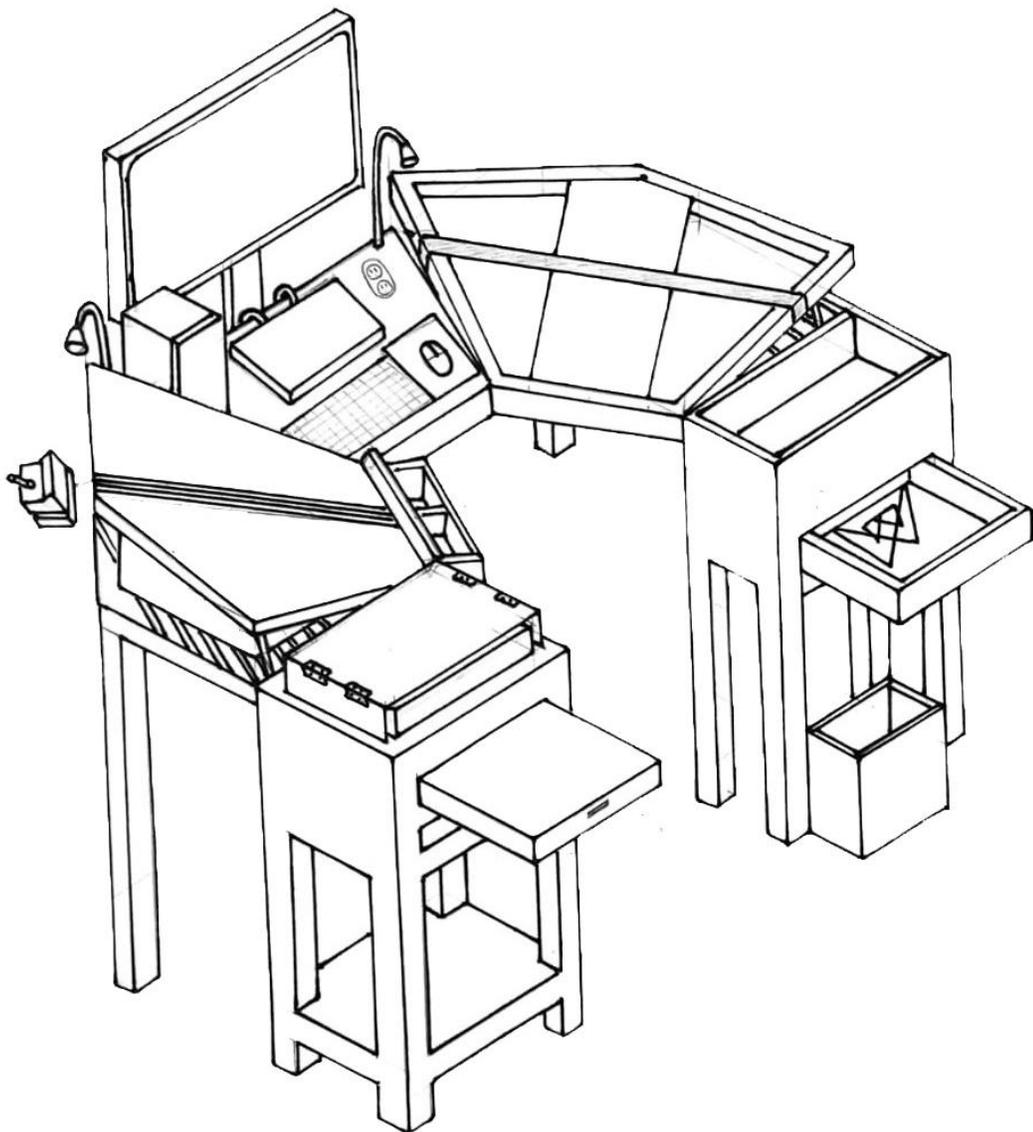
3.6 Propuestas de diseño

A continuación, se muestran tres conceptos de diseño que dan solución a los requerimientos antes descritos, los cuales incluyen dispositivos prefabricados que se detallan en el apartado 4.2.

La propuesta A (Figura 26) se caracteriza por tener una forma hexagonal que tiene la finalidad de permitir al usuario tener la mayor parte de las superficies de trabajo a su disposición solo con rotar su asiento.

Figura 26

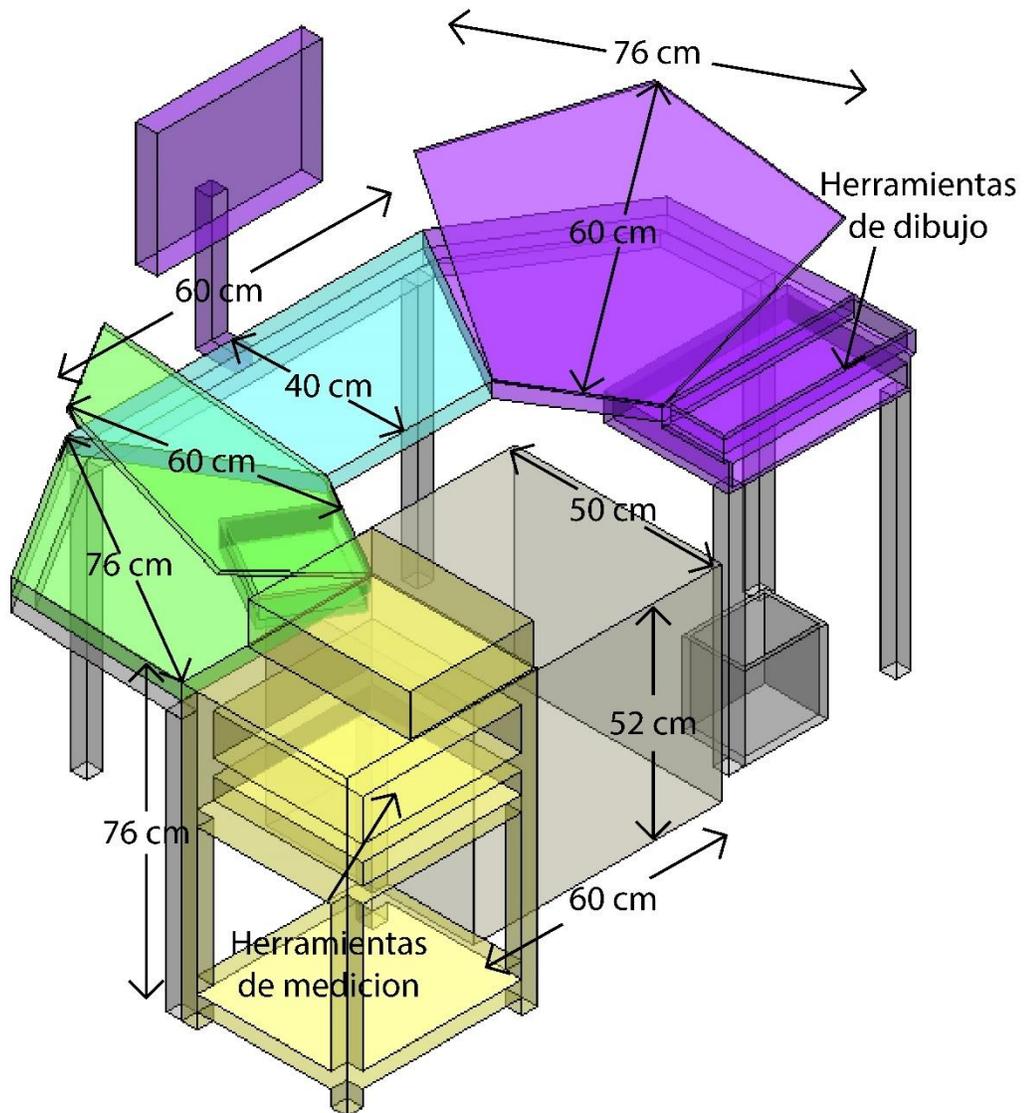
Propuesta A



En la Figura 27 se representa de manera volumétrica la estación de trabajo con sus medidas generales.

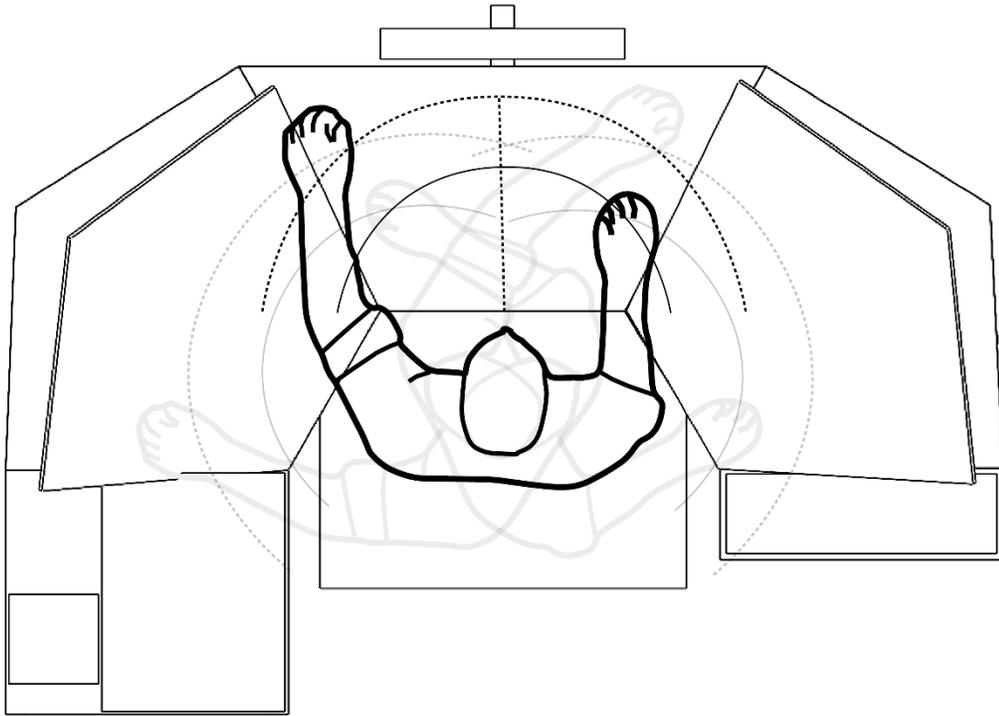
Figura 27

Medidas Generales Propuesta A.



En la siguiente imagen (Figura 28) se muestran los movimientos que se deben de realizar con el asiento para poder desempeñar todas las actividades necesarias.

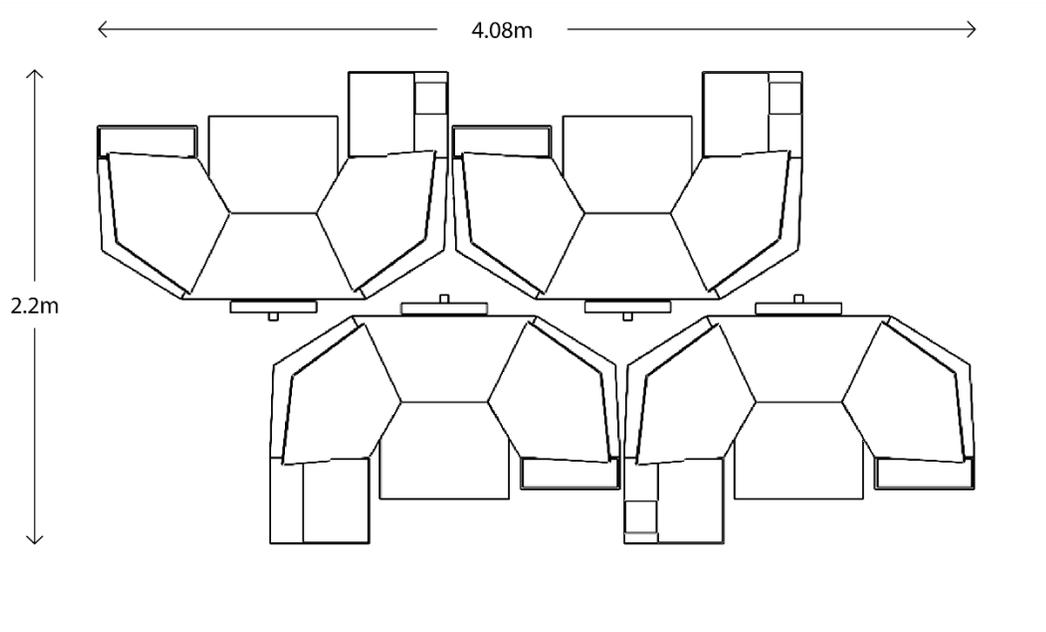
Figura 28
Movimientos de Asiento y Rangos de Movimiento en la Propuesta A



En la Figura 29 se muestra una isla compuesta por cuatro estaciones de la propuesta A, las estaciones se dispusieron de tal forma para ahorrar espacio.

Figura 29

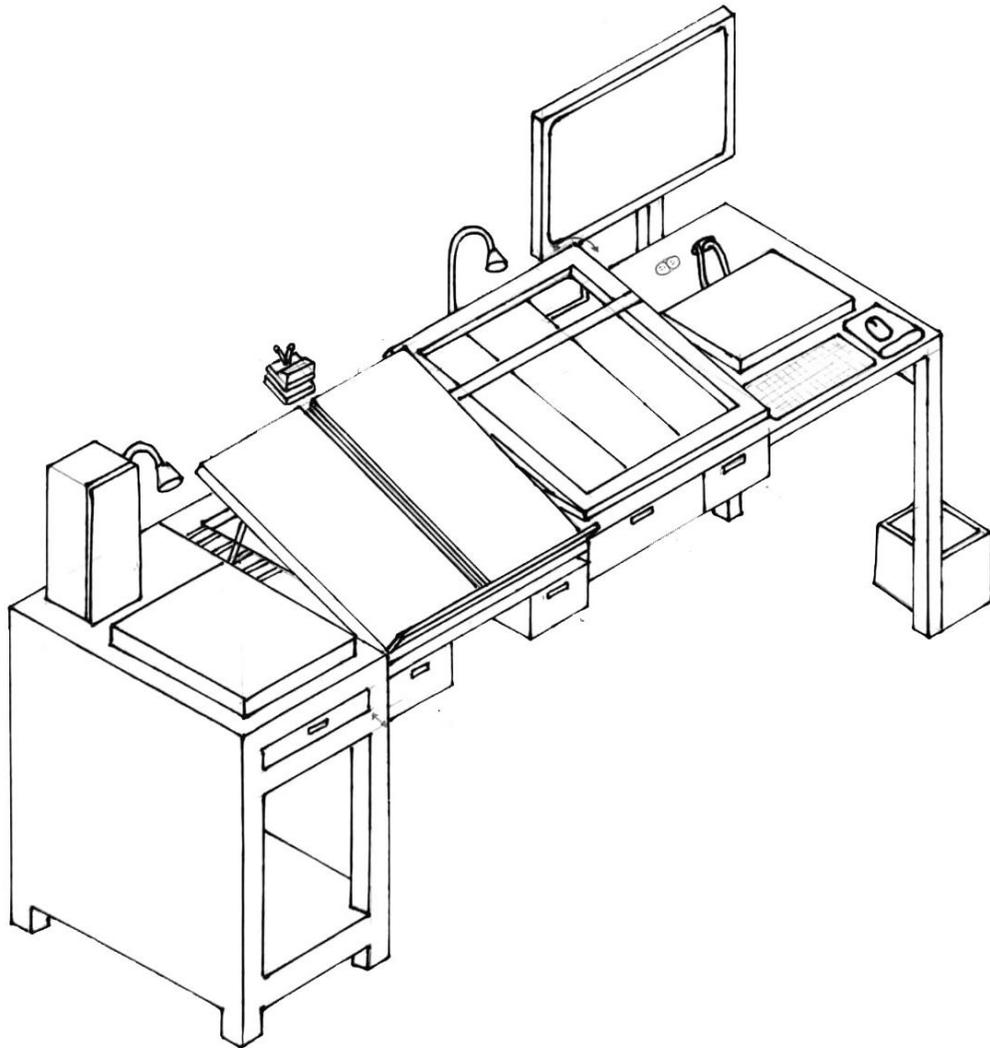
Isla de Cuatro Estaciones, Propuesta A



El siguiente concepto de diseño (Figura 30) se diferencia por ser una estación recta en la que el usuario se puede desplazar a lo largo de las tres áreas.

Figura 30

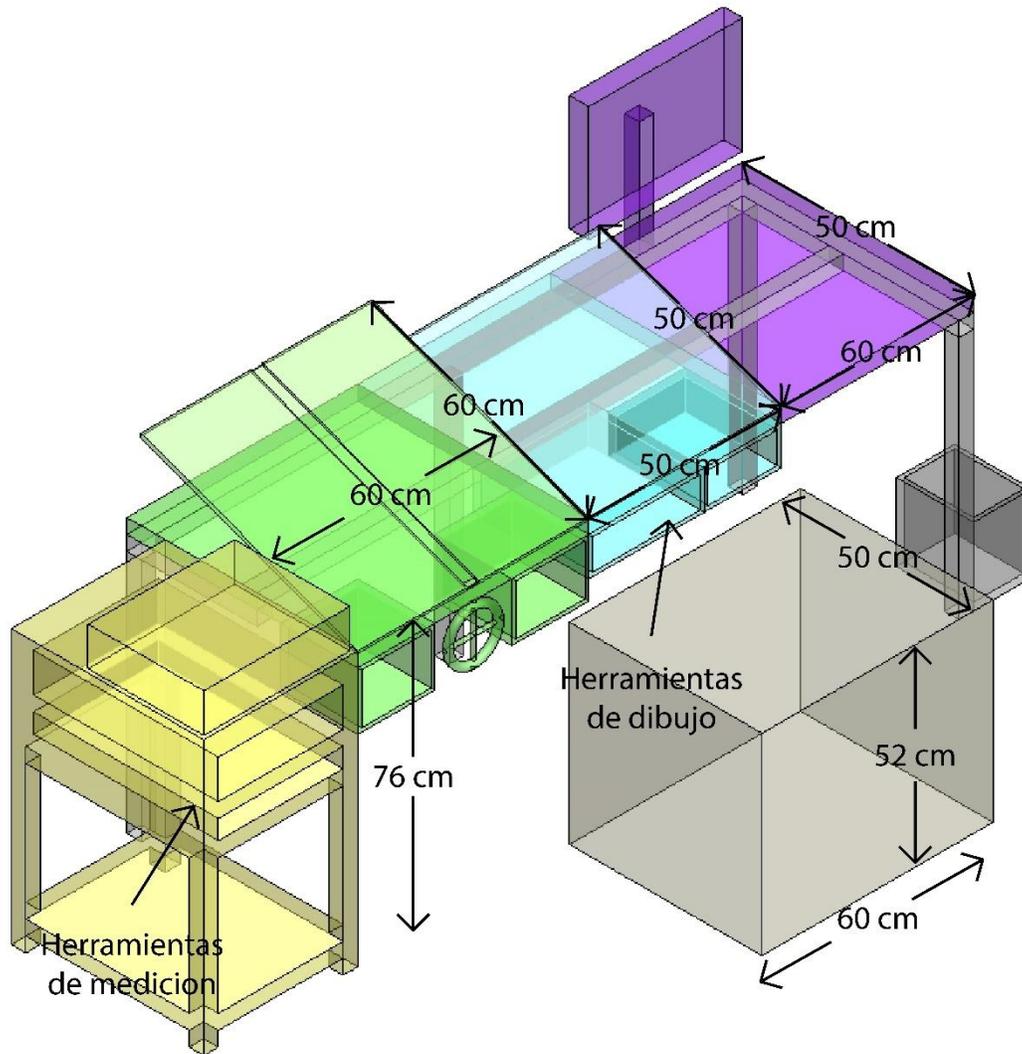
Propuesta B



En la Figura 31 se representan las medidas aproximadas de la propuesta B.

Figura 31

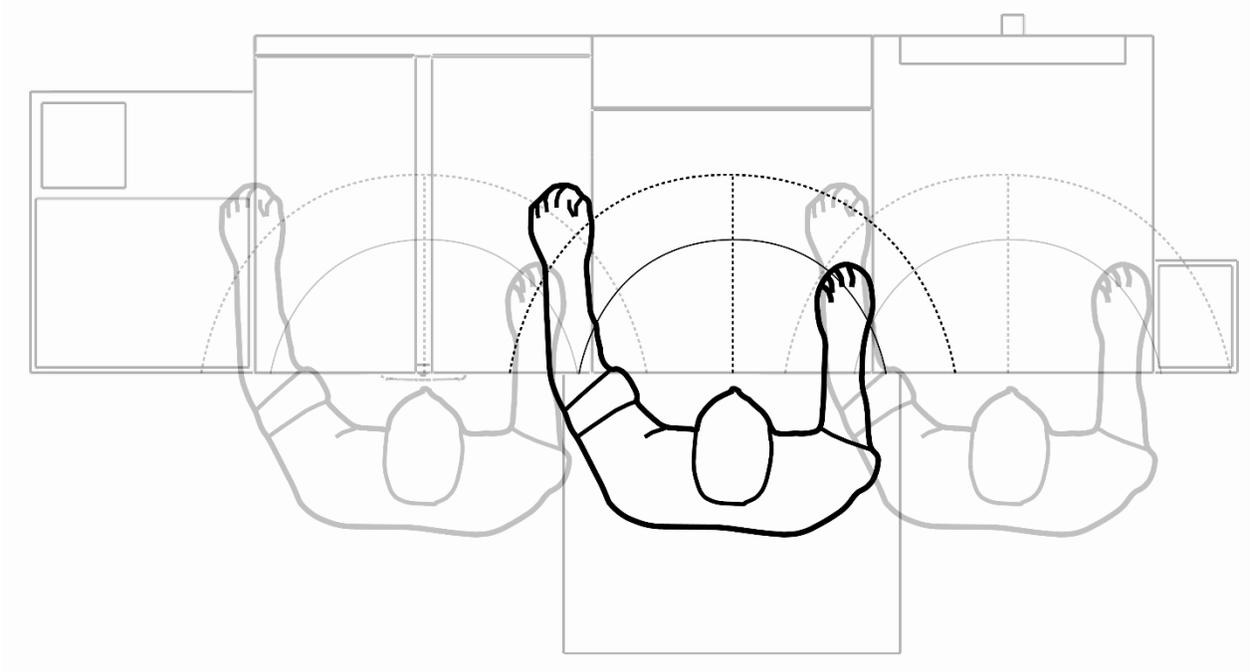
Medidas Generales Propuesta B.



En la Figura 32 se observan los movimientos que debe de hacer el usuario en la propuesta B.

Figura 32

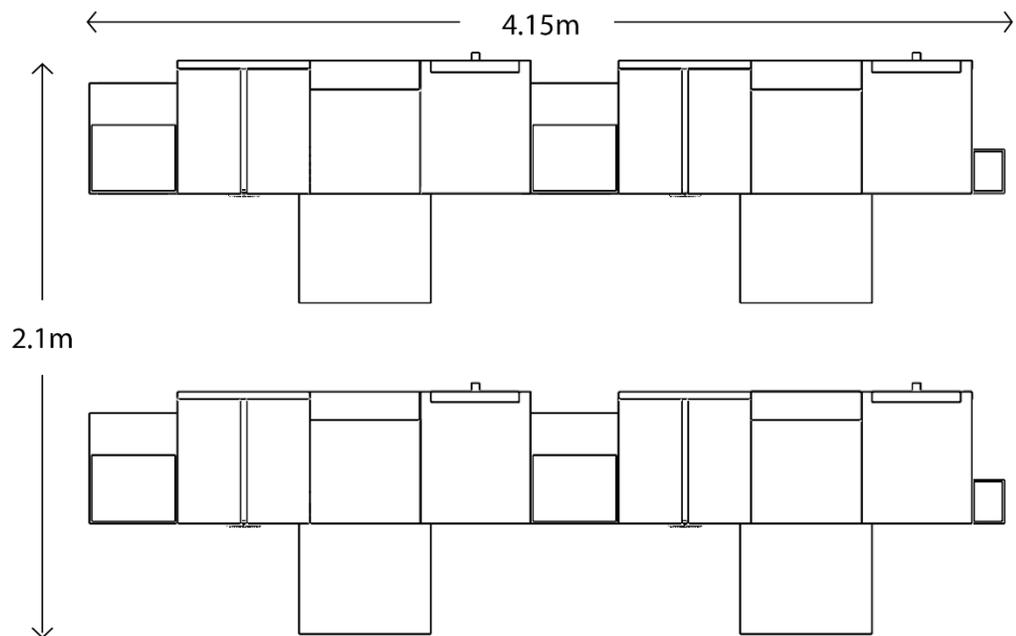
Movimientos de Asiento y Rango de Movimiento de la Propuesta B.



En la siguiente imagen (Figura 33) se muestra una isla formada por cuatro estaciones de trabajo.

Figura 33

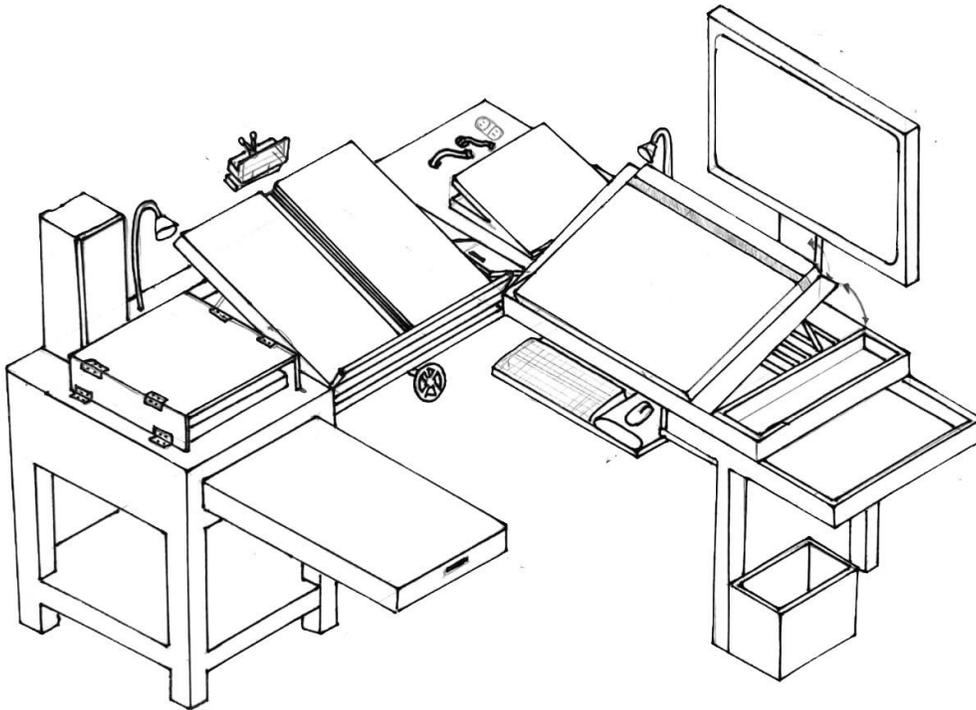
Isla de Dos Estaciones de Trabajo, Propuesta B



Por último, se muestra la Propuesta C (Figura 34), que está distribuida en forma de L con la finalidad de que el usuario utilice todas las herramientas necesarias con solo rotar su asiento.

Figura 34

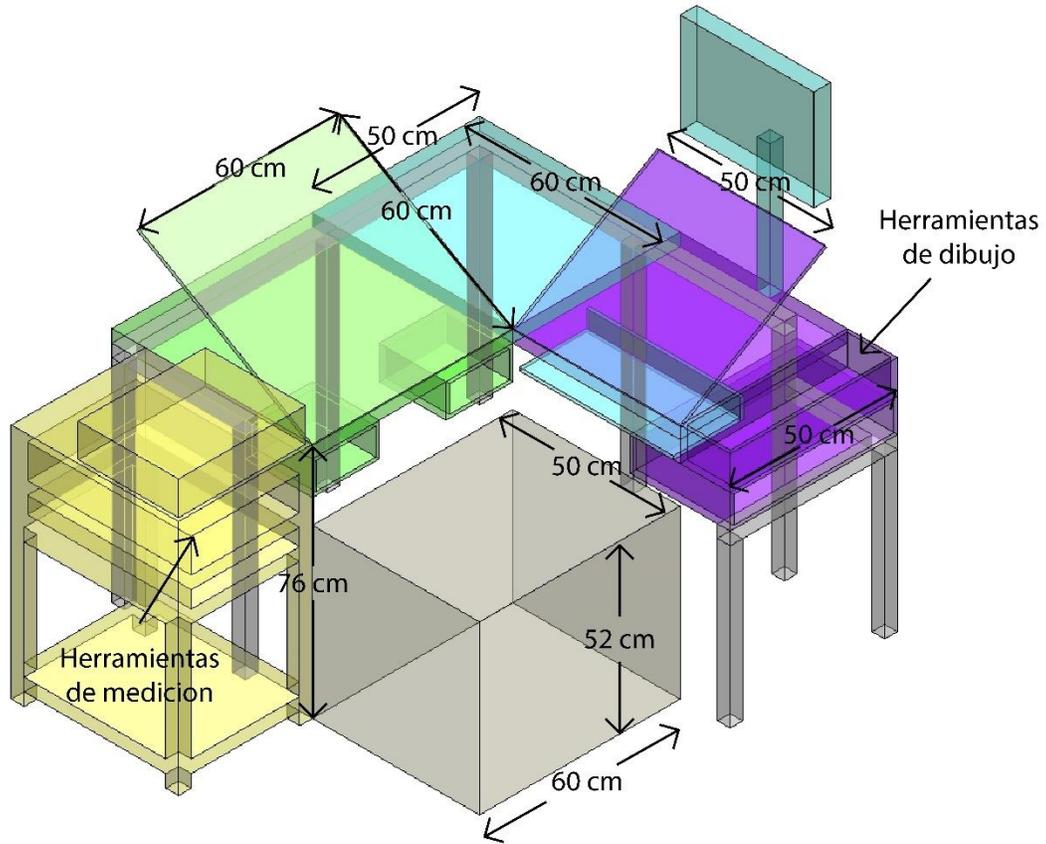
Propuesta C



La siguiente imagen (Figura 35), muestra las medidas generales de la propuesta C.

Figura 35

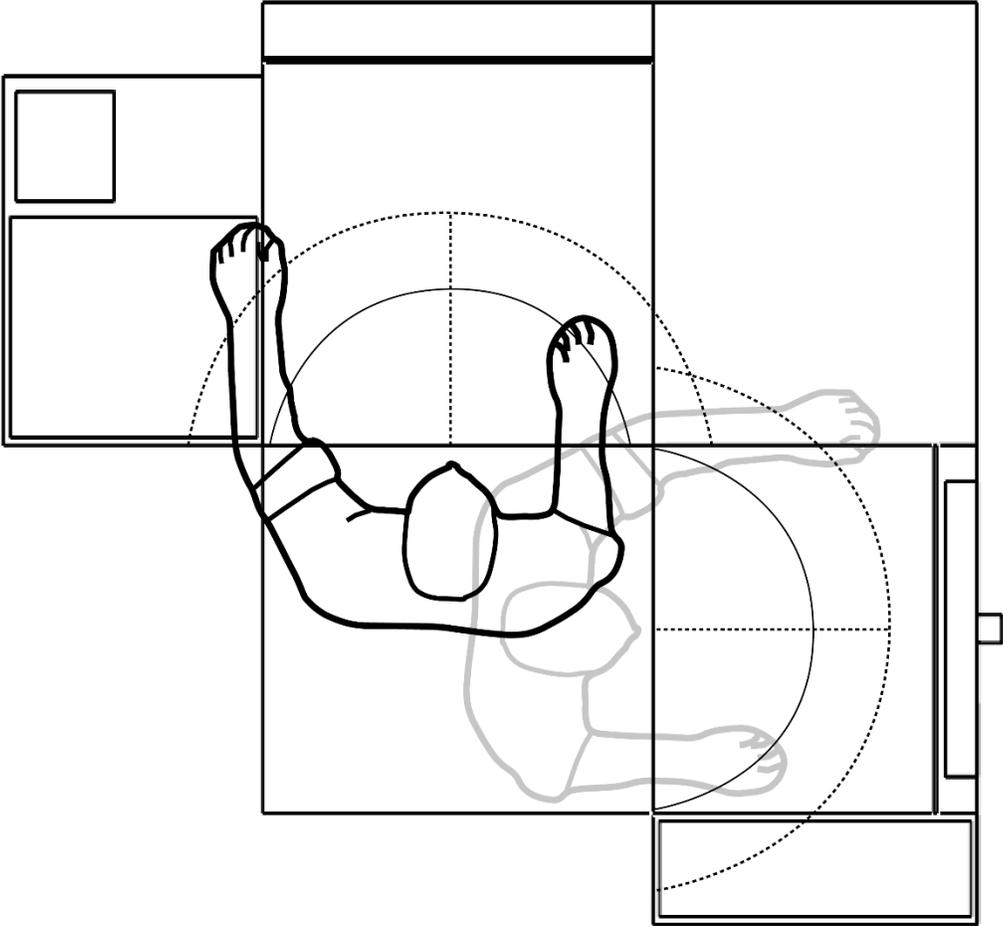
Medidas Generales Propuesta C.



En la figura 36 se representaron los movimientos de asiento y rango de movimiento del usuario en la propuesta C.

Figura 36

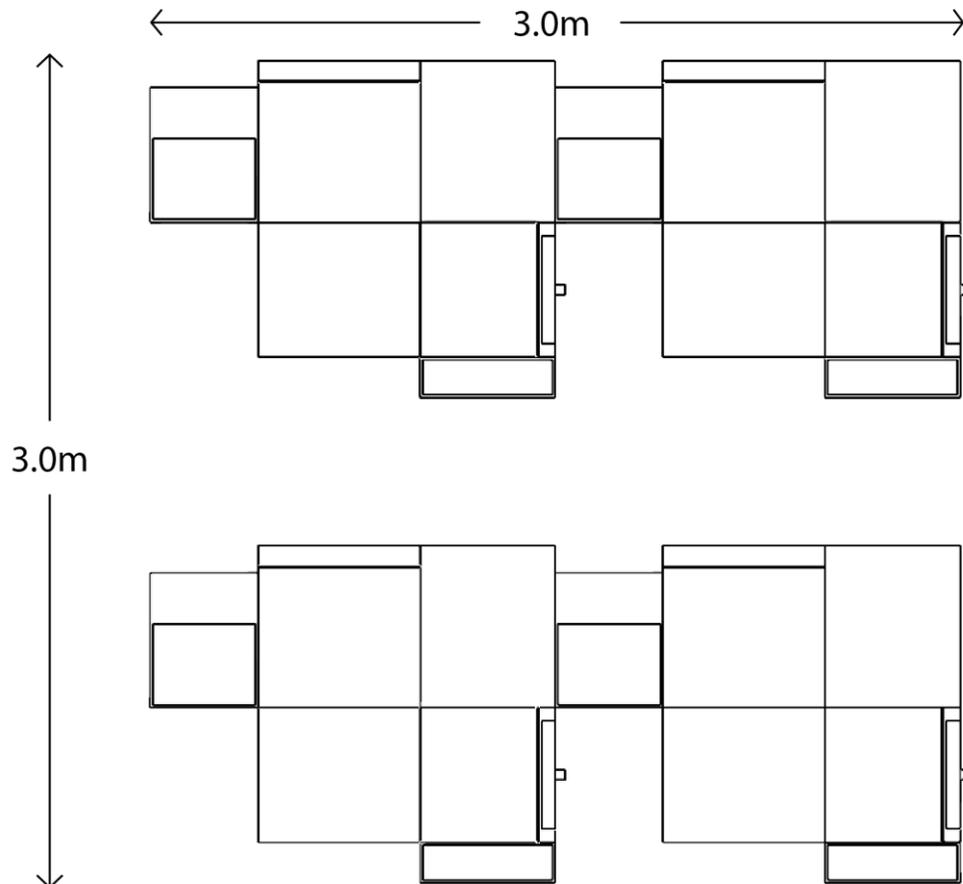
Movimientos de Asiento y Rango de Movimiento de la Propuesta C.



En la Figura 37 se muestra una isla formada por cuatro estaciones de trabajo de la propuesta C.

Figura 37

Isla de 4 Estaciones de Trabajo, Propuesta C.



Nota: Debido a que la prototipadora rápida solo se usará al finalizar todas las actividades previas y que las piezas propuestas por los alumnos no siempre se llevan a la fase de análisis, se determinó que corresponde a un sistema apartado de la estación de trabajo, exclusivo solo para el prototipado de las piezas.

3.7 Matrices de evaluación de las propuestas de diseño

En la siguiente matriz se evalúan las Propuestas A, B y C desde un enfoque ergonómico con el fin de reconocer la mejor propuesta en este ámbito e identificar las características que vale la pena rescatar e implementar. La puntuación será la siguiente:

- Si la propuesta cumple con el criterio se le asigna una puntuación de 1.
- Si la propuesta no cumple con el criterio evaluado se le asigna una puntuación de 0.

Tabla 17

Evaluación de Criterios Ergonómicos (Propuestas A, B y C)

| Criterios ergonómicos | Propuesta | Propuesta | Propuesta |
|--|-----------|-----------|-----------|
| | A | B | C |
| R2. El asiento se ajusta a la altura del usuario (35 cm-47 cm) | 1 | 1 | 1 |
| R7. La superficie se encuentra a 5 cm por debajo de la altura del codo (50 cm-76 cm por encima del nivel del suelo). | 1 | 1 | 1 |
| R8. La superficie de medición tiene medidas mínimas de 0.6 m * 0.6 m | 0 | 1 | 1 |
| R12. Las herramientas cuentan con un sitio definido de almacenamiento. | 1 | 1 | 1 |
| R13. La estación de trabajo está bien iluminada. | 1 | 1 | 1 |
| R16. Las medidas mínimas del reposapiés son de 35 cm de profundidad por 45 cm de ancho | 0 | 0 | 0 |
| R1. Poder cambiar entre diferentes posturas | 1 | 1 | 1 |
| R3. El asiento proporciona apoyo a la zona lumbar | 1 | 1 | 1 |
| R9. Las muñecas cuentan con apoyos acolchados | 0 | 0 | 0 |
| R10. Los antebrazos cuentan con apoyos acolchados | 0 | 0 | 0 |
| R14. La disposición del sistema permite que el usuario no deba de efectuar giros del tronco o el cuello | 1 | 1 | 1 |
| R15. Los bordes en contacto con las extremidades no tienen bordes rectos | 0 | 0 | 0 |
| R17. El reposapiés se regula entre 5° y 15° | 0 | 0 | 0 |
| R18. El reposapiés cuenta con superficies antideslizantes para los pies y las superficies que están en contacto con el suelo | 0 | 0 | 0 |
| R4. Los codos cuentan con apoyos acolchados | 0 | 0 | 0 |
| R5. La profundidad del asiento debe de ajustarse (51 cm-39.2 cm) | 0 | 0 | 0 |
| R6. El asiento y respaldo debe de tener un recubrimiento de algún material transpirable y debe tener bordes redondos | 1 | 1 | 1 |
| R11. El suelo este acolchado para proporcionar comodidad si el usuario se levanta | 0 | 0 | 0 |
| Puntuación | 8 | 9 | 9 |

Tabla 18

Evaluación de Criterios Relacionados con los Procesos (Propuestas A, B y C)

| Criterios de los procesos | Propuesta | Propuesta | Propuesta |
|---|-----------|-----------|-----------|
| | A | B | C |
| R6. Contar con una base para la computadora de escritorio de los alumnos | 0 | 1 | 1 |
| R7. La pantalla debe de estar a una distancia mínima de 40 cm de los ojos del usuario | 1 | 1 | 1 |
| R8. La pantalla se debe de orientar de tal manera que sea completamente visible de 0° a 60° respecto a la horizontal de visión del usuario. | 1 | 1 | 1 |
| R10. Contar con conexión a internet. | 1 | 1 | 1 |
| R11. Compartimiento para galga de radios (16.3 cm * 8.2 cm * 1.2 cm) | 1 | 1 | 1 |
| R12. Compartimiento para vernier (39.37 cm * 3.81 cm * 1.27 cm) | 1 | 1 | 1 |
| R13. Compartimiento para goniómetro (20 cm * 10 cm * 10 cm) | 1 | 1 | 1 |
| R14. Compartimiento para flexómetro (5 cm * 5 cm * 3.5 cm) | 1 | 1 | 1 |
| R15. Compartimiento para galga de roscas estándar (7 cm * 1.27 cm 1.02 cm) | 1 | 1 | 1 |
| R16. Compartimiento para galga de roscas métricas (7 cm * 1.27 cm 1.02 cm) | 1 | 1 | 1 |
| R17. Compartimiento para micrómetro (14 cm * 6.6 cm * 2.8 cm) | 1 | 1 | 1 |
| R18. Mesa de granito (30.5 cm* 22.9 cm * 7.62 cm) | 1 | 1 | 1 |
| R19. Compartimiento para vernier de alturas (35 cm * 22 cm * 12 cm) | 1 | 1 | 1 |
| R22. Mordaza de banco (18 cm * 35.6 cm * 20 cm) | 0 | 0 | 0 |
| R2. Superficie de trabajo con inclinación variable (0° a 30°) | 1 | 1 | 1 |
| R1. Contar con una superficie lisa de mínimo 42 cm * 30 cm (Dos hojas tamaño A4) | 1 | 1 | 1 |
| R9. Contar con una almohadilla en la ubicación del ratón para el confort de la muñeca. | 1 | 1 | 1 |
| R20. Proteger herramientas del polvo | 1 | 1 | 1 |
| R21. Herramientas protegidas de vibraciones | 1 | 1 | 1 |
| R23. Contar con prototipadora rápida (42 cm* 44 cm * 47 cm) | 0 | 0 | 0 |
| R3. Cajón donde colocar plumas y lápices (20 cm * 6 cm) | 1 | 1 | 1 |
| R4. Cajón donde colocar escuadras (30 cm * 30 cm) | 1 | 1 | 1 |
| R24. Compartimiento para almacenar filamento (22 cm * 22 cm * 15 cm) | 0 | 0 | 0 |
| R5. Organizador para hojas tamaño carta (32 cm * 24 cm) | 0 | 0 | 0 |
| Puntuación | 19 | 20 | 20 |

Tabla 19

Evaluación de Criterios Relacionados con los Usuarios (Propuestas A, B y C)

| Criterios de los usuarios | Propuesta | Propuesta | Propuesta |
|---|-----------|-----------|-----------|
| | A | B | C |
| R1. Base para computadora personal. | 0 | 0 | 0 |
| R8. Lámpara de brazo articulado (61 cm * 12.7 cm * 15.24 cm) | 1 | 1 | 1 |
| R14. Recubrimiento de goma de neopreno de 3 mm de espesor. | 0 | 1 | 1 |
| R2. Conexiones eléctricas 120 V AC | 1 | 1 | 1 |
| R3. Ventiladores en la parte inferior de la base. | 0 | 0 | 1 |
| R4. Mouse pad (24 cm * 21 cm * 2 cm) | 1 | 1 | 1 |
| R5. Mordaza de banco inclinable. | 0 | 0 | 0 |
| R6. Superficie de medición inclinable. | 1 | 1 | 1 |
| R11. Contenedores de piezas pequeñas (Pieza \leq 2.54 cm) | 1 | 1 | 1 |
| R12. Contenedores de piezas medianas (2.54 cm < Pieza \leq 15 cm) | 1 | 1 | 1 |
| R13. Base imantada (30 cm*30 cm) | 0 | 0 | 0 |
| R16. Fuentes de luz accesibles al usuario para su reemplazo. | 0 | 0 | 0 |
| R7. Soportes de sujeción de piezas en la superficie de medición. | 1 | 1 | 1 |
| R9. Lámpara de intensidad variable | 0 | 0 | 0 |
| R10. Lámpara de enfoque variable. | 0 | 0 | 0 |
| R17. Piezas móviles intercambiables. | 0 | 0 | 0 |
| R15. Superficie graduada con ángulos y magnitudes lineales (in) | 0 | 0 | 0 |
| Puntuación | 7 | 7 | 7 |

Tabla 20*Criterios de diseño (Propuestas A, B y C)*

| Criterios de diseño | Propuesta | Propuesta | Propuesta |
|---|-----------|-----------|-----------|
| | A | B | C |
| Funcionalidad: ¿El diseño cumple con todos los requerimientos funcionales identificados inicialmente? | 1 | 1 | 1 |
| Ergonomía y Usabilidad: ¿El diseño es intuitivo y fácil de usar para el usuario final? | 0 | 1 | 1 |
| Estética: ¿El diseño es visualmente atractivo y coherente con el propósito del producto? | 1 | 0 | 1 |
| Innovación: ¿El diseño aporta características únicas o soluciones innovadoras en comparación con las alternativas existentes en el mercado? | 1 | 1 | 1 |
| Facilidad de Mantenimiento: ¿El diseño es fácil de mantener y reparar en caso de ser necesario? | 0 | 1 | 1 |
| Adaptabilidad: ¿El diseño tiene la flexibilidad para adaptarse a posibles cambios futuros en los requerimientos? | 0 | 1 | 1 |
| Optimización de espacios: ¿El diseño cuenta con todas las características necesarias en un espacio pequeño? | 0 | 0 | 1 |
| Puntuación: | 3 | 5 | 7 |

Tabla 21*Puntuación Final de Propuestas de Diseño*

| | Propuesta A | Propuesta B | Propuesta C |
|--------------------------|-------------|-------------|-------------|
| Puntuación Final: | 40 | 43 | 46 |

De esta forma se determina que la propuesta por desarrollar es la propuesta C, esta propuesta se caracteriza por la facilidad con la que el usuario puede realizar todas las actividades sin moverse de su asiento, tiene una base para la computadora personal de los alumnos en la esquina de la estación de trabajo lo que aprovecha el espacio muerto y a su vez proporciona la capacidad de mejorar la postura del usuario al usar el teclado y mouse, otra característica de diseño importante es la posición de la pantalla la cual permite que el usuario pueda acceder a información digital mientras realiza los bocetos necesarios.

El asiento se decidió que fuera uno prefabricado, a continuación, se muestra una propuesta que cumple con todos los requerimientos descritos previamente (Figura 38).

Figura 38

Silla Ergonómica con Cabecera y Soporte Lumbar.



Fuente: Amazon (2023).

Las características de la silla son las siguientes (Figura 38):

- Altura: 112.5 a 118.5 cm (A).
- Altura del asiento: 46 a 52 cm (B).
- Profundidad total: 61.5 cm (C).
- Ancho total: 61.5 cm (D).
- Ancho del asiento: 50 cm (E).
- Profundidad del asiento: 50 cm (F).
- Altura de reposabrazos: 18 cm (G).
- Altura total del respaldo: 69.5 cm (H).
- Ancho del respaldo: 46.5 cm (I).
- Espesor del asiento: 7.3 cm (J).

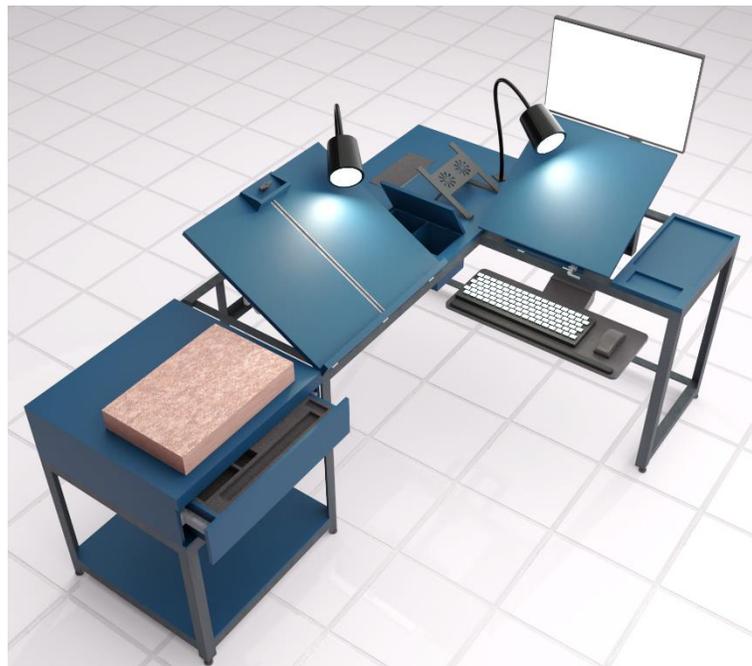
Capítulo 4: Proceso de diseño

Después de evaluar las propuestas conceptuales e identificar la que proporciona una mejor solución, se ocupa un software CAD para desarrollar lo que resta del proceso de diseño y se proyectan las piezas que conforman cada uno de los módulos, tomando en cuenta las medidas y requerimientos planteados, se plantean los métodos de unión que coinciden al uso, transporte y vida útil del sistema, se identifican los materiales que se pueden usar para la creación de piezas especializadas (No comerciales), se identifican los elementos comerciales que se aplicaran a la propuesta, por último se toman en cuenta las actividades que se ejecutaran y el medio en donde se colocara el sistema para proponer los colores y acabados que tendrán las piezas.

El prototipo digital se muestra en las Figuras 39 y 40, en su mayoría está construido con melamina de 12 mm y 19 mm con un acabado liso de color azul acero, por otro lado: la estructura está hecha de perfil angular de 1.5" y soleras de 1.5", ambos de Acero ASTM A36.

Figura 39

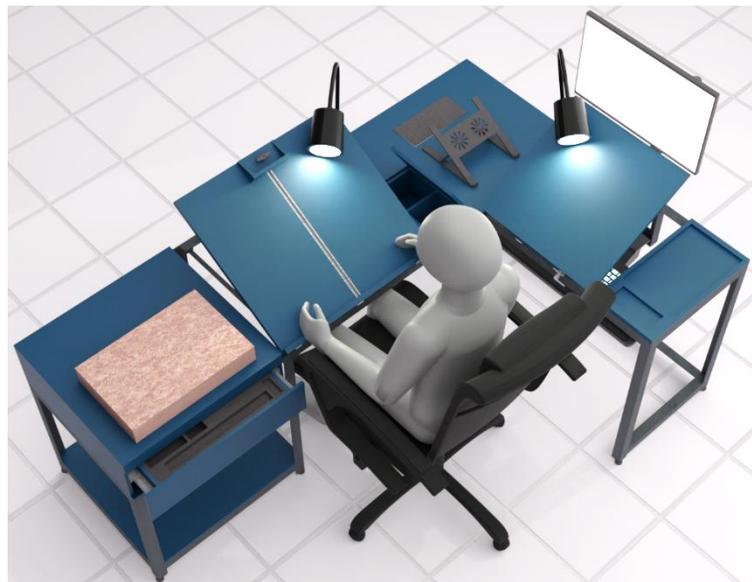
Prototipo Digital



La unión entre melamina y acero se proyecta para ser hecha mediante uniones semipermanentes compuestas por tornillos M8 x 25 mm, rondanas M8 y tuercas M8. En la unión entre melamina del mismo o distinto grosor se hace mediante pijas. La estructura está unida por soldadura de arco eléctrico. Las tapas de las patas están hechas con solera y cuentan en el centro una perforación de 8 mm para colocar los regatones. Las superficies abatibles (Superficie de dibujo y de medición), están unidas a la estructura con bisagras simples y es necesario colocar topes en las aristas contrarias a las bisagras para contrarrestar la altura de estas, dichos topes serán de Neopreno para evitar que las superficies se desgasten con el uso.

Figura 40

Prototipo Digital con Usuario



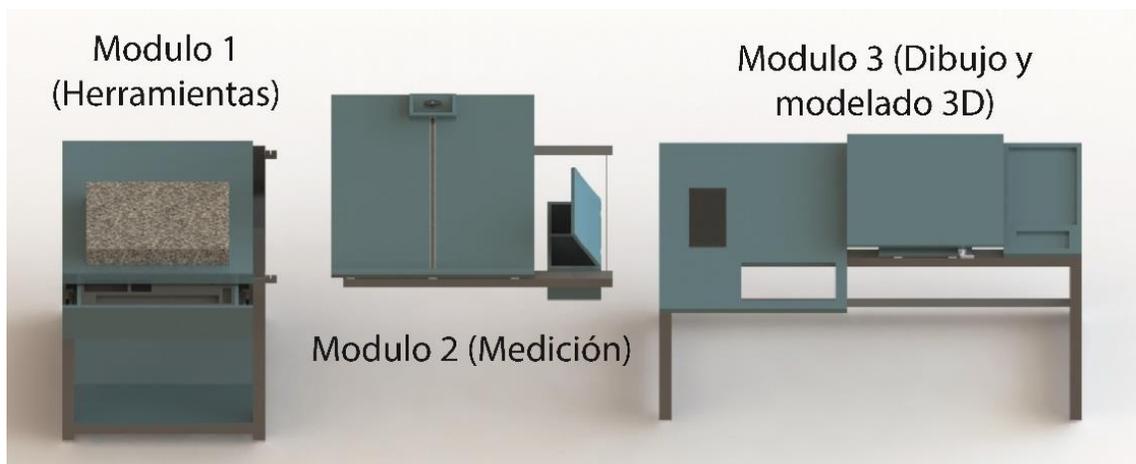
La estación de trabajo da solución a las tres primeras fases del diseño o replicado de piezas mecánicas. En lo que corresponde a la fase de medición; se hace el diseño de un módulo en el cual se pueden almacenar las herramientas a ocupar durante todo el trabajo, en la parte inferior del cajón de herramientas se encuentra una base donde el usuario colocará su mochila y herramientas de estudio. Como respuesta a las necesidades de la fase de medición; se realiza el diseño de una mesa que puede regular su inclinación para que el usuario pueda tomar medidas de manera cómoda y se coloca un tope para que las piezas no caigan, la inclinación se logra usando un actuador lineal, del lado derecho de la mesa de medición se encuentra un cajón con dos divisiones donde se pueden colocar piezas pequeñas de algún mecanismo o similares. En la esquina de la estación se proyecta colocar una base para computadora

y en la parte superior una placa de contactos; con esto se pretende que los usuarios conecten su computadora a los periféricos de entrada y salida que se encuentran en el área de bocetado. Por último se tiene el área de bocetado en la cual, de igual manera que en el área de medición, se tiene una superficie abatible con el mismo tipo de actuador lineal, la diferencia es que la superficie se puede rotar para que el usuario pueda dibujar de manera más sencilla; esto se logra mediante la implementación de una base giratoria y para que la superficie se mantenga en el ángulo de rotación elegido, se implementó un sistema de frenado que está constituido principalmente por una zapata de freno que usualmente se encuentra en las bicicletas y un pincho de liberación rápida (Plano N.º 35), a la derecha de la superficie de bocetado se encuentra una base en la que los alumnos colocarán sus herramientas de dibujo. En lo que corresponde a las actividades de modelado: se colocó una pantalla en frente de la superficie de bocetado, la cual se puede mover en el ángulo y posición deseada mediante un soporte de monitor, en la parte inferior a la superficie de bocetado se encuentra el teclado y ratón.

Contemplando la transportabilidad de la estación, se opta por dividirla en tres módulos ensamblables (Figura 41), el módulo 1 contempla el almacenamiento de todas las herramientas de medición junto con un área donde los usuarios pueden colocar sus mochilas o útiles, el módulo 2 corresponde al área de medición y almacenamiento de piezas pequeñas, por último, se tiene el módulo 3 en el que se encuentra la superficie de dibujo y el área donde se coloca la computadora del usuario.

Figura 41

Módulos de la Estación de Trabajo



En las Figuras 42 y 43 se muestra la proporción entre el sistema y un usuario de 1.74 cm de altura.

Figura 42

Proporción de Usuarios y Estación (Vista superior)



Figura 43

Proporción de Usuarios y Estación (Vista Lateral)



En la Tabla 22 se describen las características geométricas y dimensionales que serán posibles medir en el módulo 1 y 2.

Tabla 22

Características geométricas y dimensionales medibles en la propuesta

| Característica | Proceso de medición | Herramientas utilizadas |
|---|--|--|
| Longitud total | Se cierra el calibrador sobre la pieza y se lee la longitud total en la escala | Flexómetro, Calibradores y micrómetros |
| Alturas | Se coloca la punta del calibrador en la superficie y se lee la medida | Flexómetro o Calibre de alturas y mesa de granito |
| Ancho | Se cierra el calibrador sobre la pieza y se lee la longitud total en la escala | Flexómetro, Calibradores y micrómetros |
| Distancias entre superficies | Se abre o cierra el calibrador sobre las superficies y se lee la medida | Calibradores o micrómetros |
| Diámetros exteriores  | Se utilizan las mandíbulas de la herramienta para medir el diámetro en puntos específicos | Calibradores o micrómetros |
| Diámetros internos  | Se utiliza las puntas de las mandíbulas internas de la herramienta para medir diámetros internos. | Calibradores o micrómetros |
| Profundidades de agujeros  | Se coloca la punta de las herramientas en el fondo del agujero y lee la medida en la escala. | Calibradores o micrómetros |
| Roscas | Se coloca la herramienta sobre la superficie de la rosca y se busca el patrón que se adapte a la misma. | Galga de roscas métricas y estándar |
| Ángulos  | Se coloca la herramienta sobre la pieza para medir los ángulos. Se alinea el centro con el vértice del ángulo y lee la medida en la escala | Goniómetro |
| Radios de curvatura | Suavemente, se colocan las galgas de radios en las curvaturas para obtener la magnitud de los radios. | Galga de radios |
| Filete o chaflán | Se coloca la herramienta sobre la pieza para medir los ángulos. Se alinea el centro con el vértice del ángulo y lee la medida en la escala | Goniómetro |
| Paralelismo  | Se coloca los calibradores sobre ambas superficies en puntos estratégicos. Utilizar calibradores de altura para medir distancias entre las superficies | Calibrador, micrómetro, calibrador de altura y mesa de granito |

| Característica | Proceso de medición | Herramientas utilizadas |
|---|---|--|
| Perpendicularidad  | Se coloca la herramienta entre ambas superficies y se lee la magnitud del ángulo. | Goniómetro |
| Planitud  | <p>Se coloca la pieza sobre la superficie de referencia, asegurándose de que esté bien apoyada y en contacto uniforme con la superficie.</p> <p>Utilizar calibradores de altura para medir la distancia entre la superficie de la pieza y la superficie de referencia en varios puntos a lo largo de la pieza.</p> <p>Se rota la pieza y toma mediciones en diferentes orientaciones para evaluar la planitud en todas las direcciones.</p> | Calibrador de altura y mesa de granito |
| Rectitud  | <p>Se coloca la pieza sobre la superficie de referencia, asegurándose de que el borde que se desea medir está en contacto uniforme</p> <p>Utilizar calibradores de altura para medir la distancia entre el borde de la pieza y la superficie de referencia en varios puntos a lo largo de la longitud del borde</p> | Calibrador de altura y superficie |

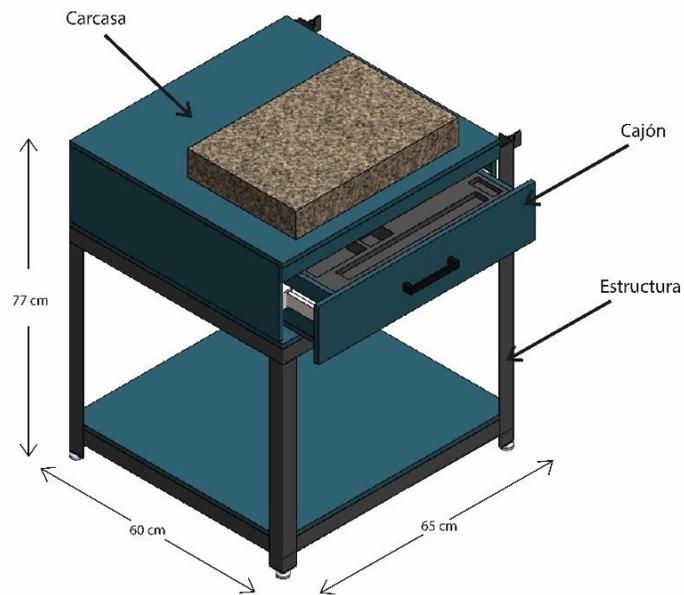
En la siguiente sección se describe a detalle cada uno de los módulos de la estación, junto con las medidas generales de los mismos y se enlistan los elementos que se deberán adquirir y para el funcionamiento de la estación.

4.1 Modelo a detalle

En la Figura 44 se muestra con más detalle el módulo 1, se propone que la profundidad del módulo 1 sea de 60 cm para que la estructura embone con el módulo 2 que necesita 60 cm de profundidad, la altura del módulo (77 cm) corresponde a la altura de la superficie de medición del módulo 2.

Figura 44

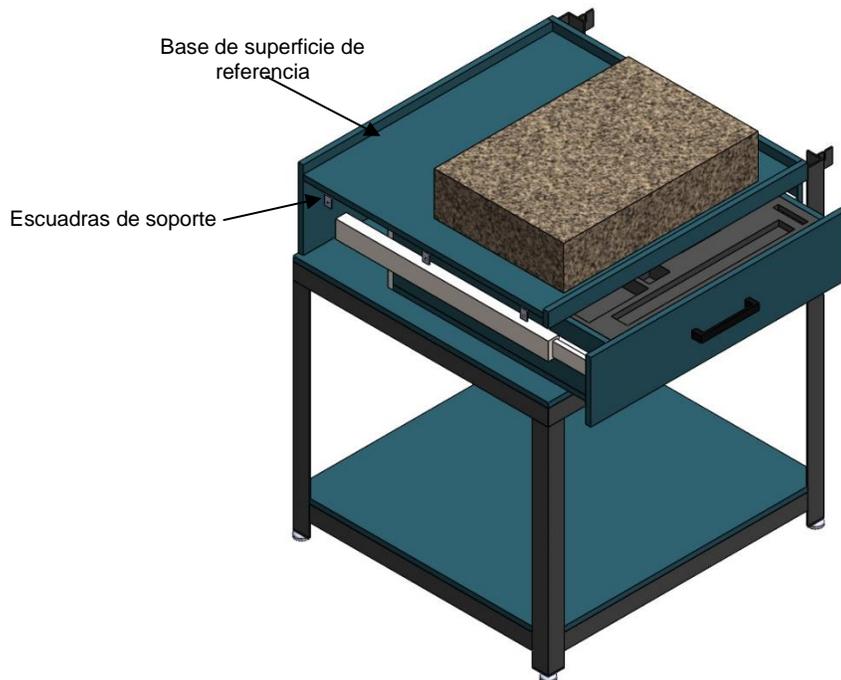
Módulo 1 (Almacenamiento de Herramientas)



La superficie de referencia (Mesa de granito) está colocada por debajo (3.16 cm) de la pieza superior de la carcasa y se sostiene encima de una placa de melamina de 12 mm, la placa se encuentra fija a las paredes laterales por medio de 6 escuadras de 1" a cada lado (Figura 45).

Figura 45

Base de la Mesa de Granito y Soportes

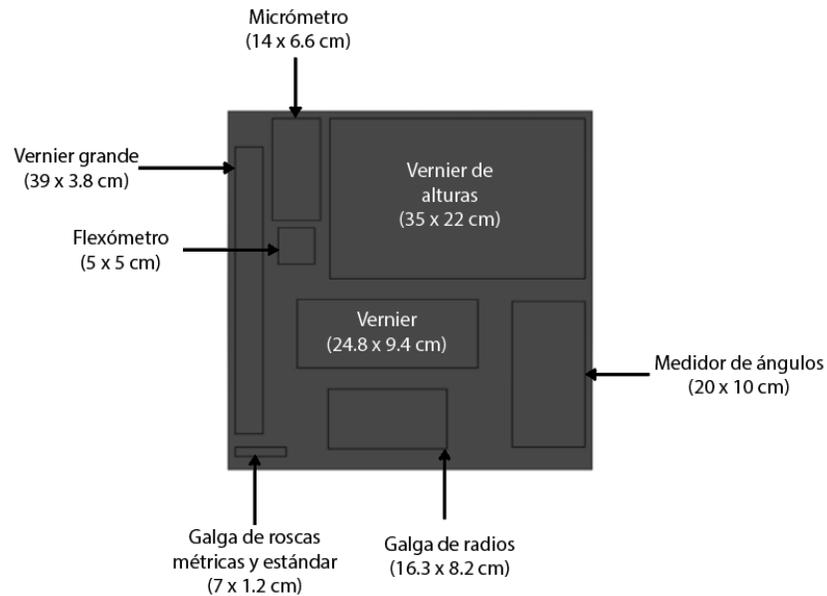


La superficie de referencia se encuentra por encima del nivel de la carcasa para que sea posible alinear caras de las piezas a replicar respecto a la superficie de referencia, el diseño tiene un cajón que se encarga de mantener las piezas libres de polvo, se desplaza mediante el uso de un riel de corredera telescópica de 50 cm, la estructura hecha con perfil angular de 1.5", las soleras de ensamble están hechas con solera de 1.5".

En el interior del cajón se encuentra una espuma que sirve para proteger las herramientas de vibraciones, la espuma tiene segmentos de diferentes tamaños y perforados a distintas alturas para que cada una de ellas cuente con un lugar específico (Figura 46) y así poder colocar ahí las herramientas las cuales son: Un juego de galgas de radios, un vernier, un medidor de ángulos (Goniómetro), una cinta métrica, una galga de roscas métricas y estándar, un micrómetro y un vernier de altura, se colocó un compartimiento extra para un vernier de 30 cm de apertura; para las piezas que tengan un "1" en el quinto o sexto dígito de su clasificación (Sistema KK-3).

Figura 46

Distribución de las Herramientas en la Espuma

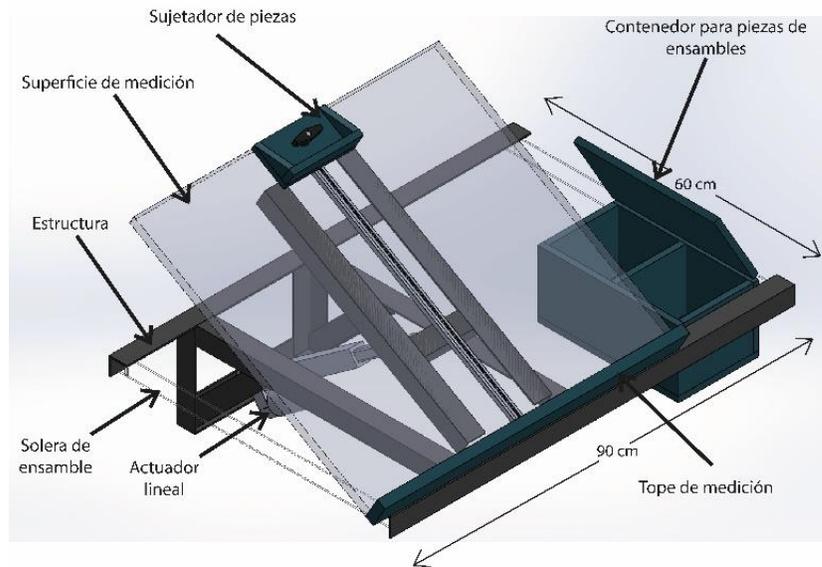


Para poder controlar la inclinación de la superficie de referencia y por consiguiente la inclinación de la mesa de medición presente en el módulo 2, se colocaron niveladores en cada pata de la estructura.

La Figura 47 muestra el módulo 2 a detalle, tiene 60 cm de profundidad que es lo mínimo que se requiere para su correcto funcionamiento y 90 cm de ancho para que el usuario cuente con el espacio necesario para poder trabajar cómodamente. Cuenta con un sistema de inclinación automático que está constituido por un actuador lineal, una base para el mismo y una base para la mesa de medición.

Figura 47

Módulo 2 (Medición de piezas)



La estructura y el soporte de la mesa de medición están conformados por perfiles angulares de 1.5", las soleras de ensamble y los sujetadores del actuador lineal están hechos de solera de 1.5"

El riel por donde se desliza el sujetador de piezas está hecho de aluminio y esta sujetado a la mesa de medición empleando tornillos.

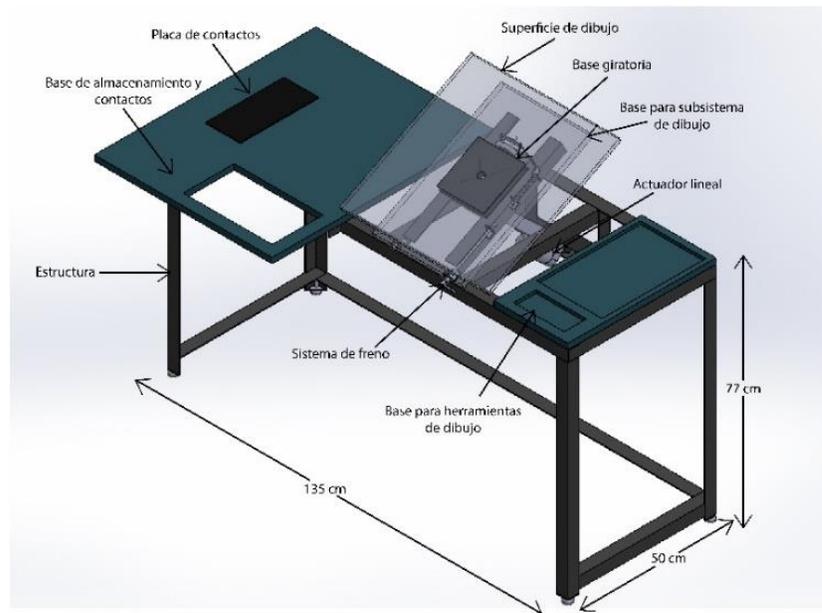
El módulo se ensambla a través de las muescas presentes en las soleras laterales, los detalles se muestran en el plano N.º 22.

A 4 cm del lado izquierdo de la mesa de medición se encuentra un contenedor de piezas el cual permite que el usuario pueda guardar las piezas de los ensambles en los que esté trabajando, para construirlo y fijarlo a la base se plantea usar tornillos.

El tercer módulo es el correspondiente a la fase de modelado y bocetado (Figura 48), tiene una profundidad de 50 cm para cumplir con el requerimiento de área mínima de 42 cm x 30 cm. Para ahorrar cortes y desperdicio de material, se decidió que la "Base de almacenamiento y contactos" fuera una sola placa de melamina que forma parte del módulo 2 y 3 para ahorrar material, la placa de contactos es un dispositivo prefabricado para que los usuarios puedan conectar sus dispositivos fácilmente.

Figura 48

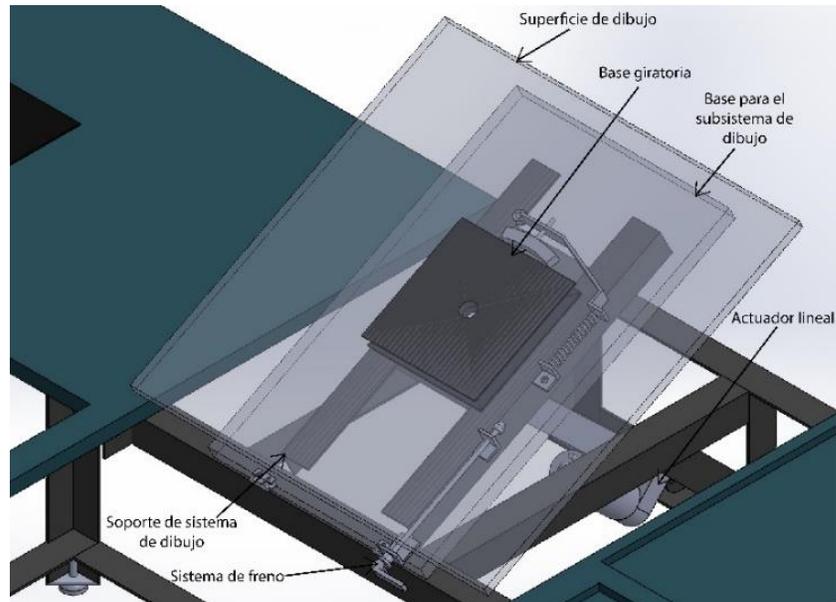
Módulo 3 (Bocetado y modelado)



La superficie de dibujo mide 50 x 50 cm, se puede abatir mediante el uso de un actuador lineal que actúa entre el soporte de perfil angular y la estructura, la “Base para subsistema de dibujo” se encuentra fija por un extremo a la estructura mediante bisagras de 1”, entre la “Base para el subsistema de dibujo” y la “Superficie de dibujo” se encuentra una base giratoria que permite a la superficie tener un giro de 180° para que el usuario pueda dibujar cómodamente. El “Sistema de freno” consta de varias piezas descritas en el plano N.º 35, su objetivo es mantener a la base giratoria en una posición de giro establecida por el usuario (Figura 49).

Figura 49

Sistema de Dibujo

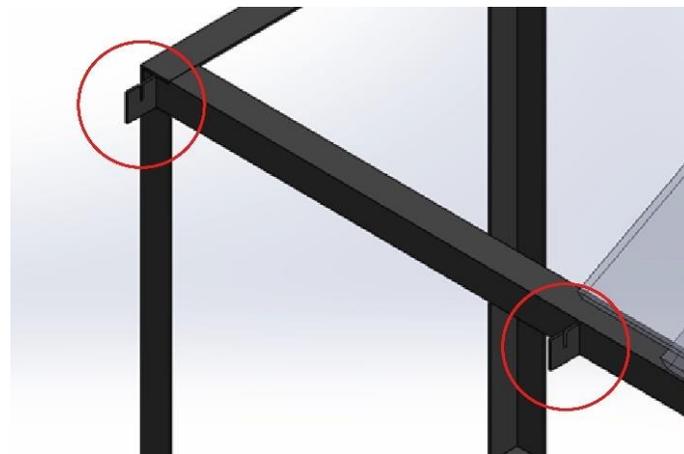


La base para herramientas de dibujo se encuentra a la derecha y cuenta con dos compartimientos, el pequeño sirve para que el usuario coloque sus plumas y lápices y el grande corresponde a las escuadras, reglas, etc.

Por último, por debajo de la “Base de almacenamiento y contactos” se encuentran dos segmentos de solera (Figura 50), tienen muescas por las cuales se ensambla el módulo 2 (Plano N.º 30).

Figura 50

Soleras de Unión (Módulo 3)

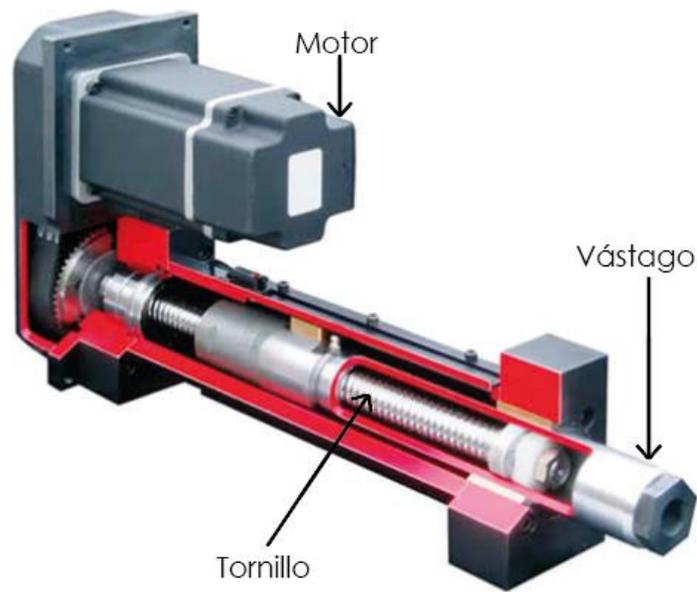


4.2 Mecanismo para regular la inclinación

En los módulos 2 y 3 se caracterizan por tener una superficie que puede variar su inclinación, se consigue con la implementación de “Actuadores lineales”, estos dispositivos desempeñan el mismo trabajo de un pistón, pero con la ventaja de que no se necesita un fluido comprimido para su funcionamiento, el movimiento lineal se logra mediante un motor eléctrico conectado a un juego de engranes que hacen girar un tornillo que mueve el vástago (Figura 51).

Figura 51

Partes de un Actuador Lineal



Fuente: Direct Industry (2023).

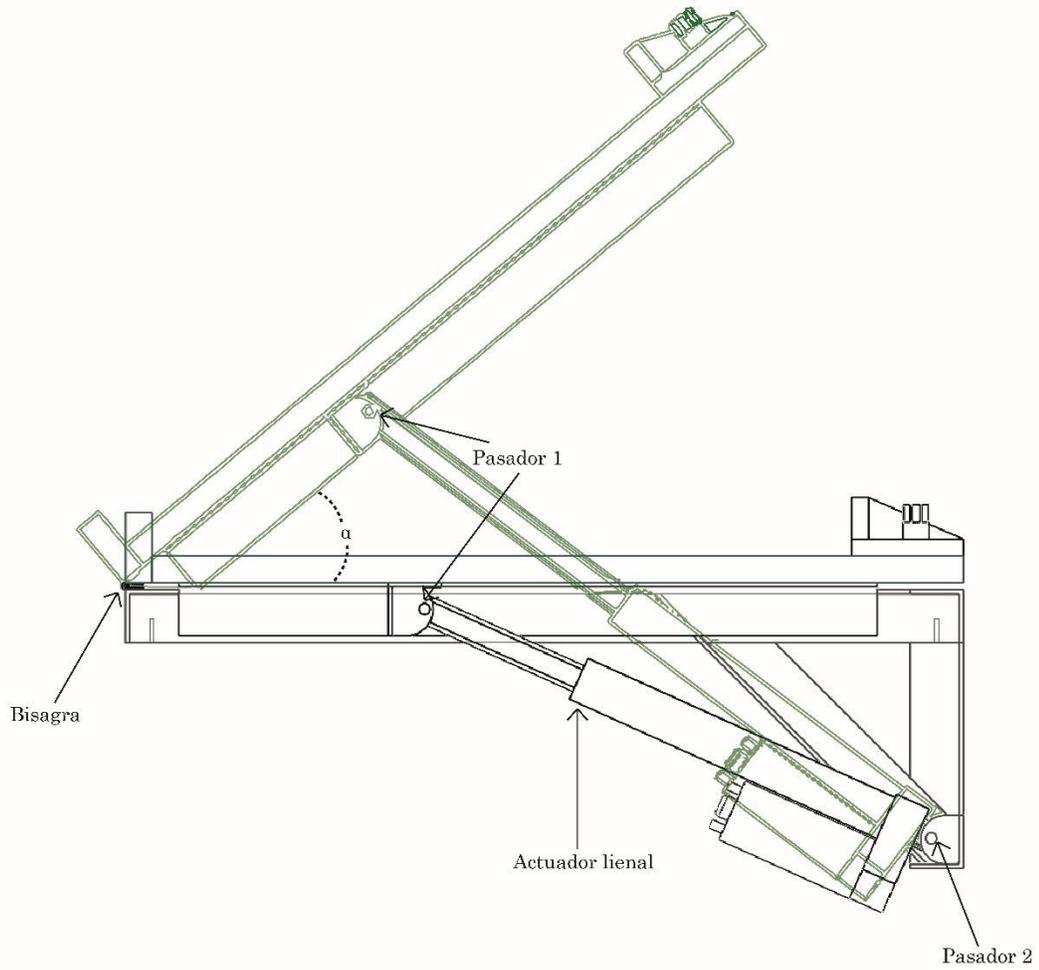
Su implementación en el módulo 2 y 3 funciona como se muestra en la Figura 52, ambos módulos funcionan mediante el uso de un actuador lineal de 20 mm de carrera, una carga máxima de 1000N (101.93 kg) y una velocidad de 20 mm/s y funcionan con 24 V CD (Embajadores, 2023).

Cada actuador está sujeto por medio de pasadores que tienen rotación libre (Figura 52) , el pasador 1 está conectado a los soportes de la superficie de trabajo y el pasador 2 está conectado a la estructura, para ejecutar la inclinación; la superficie de trabajo se encuentra fija en un extremo mediante el uso de bisagras, de esta forma el vástago se pueda desplazar libremente, la inclinación máxima difiere entre los

dos módulos por las medidas de la estructura, en el módulo 2 el ángulo de inclinación (α) va de 0° a 40° y en el módulo 3 de 0° a 60° .

Figura 52

Mecanismo para Regular la Inclinación

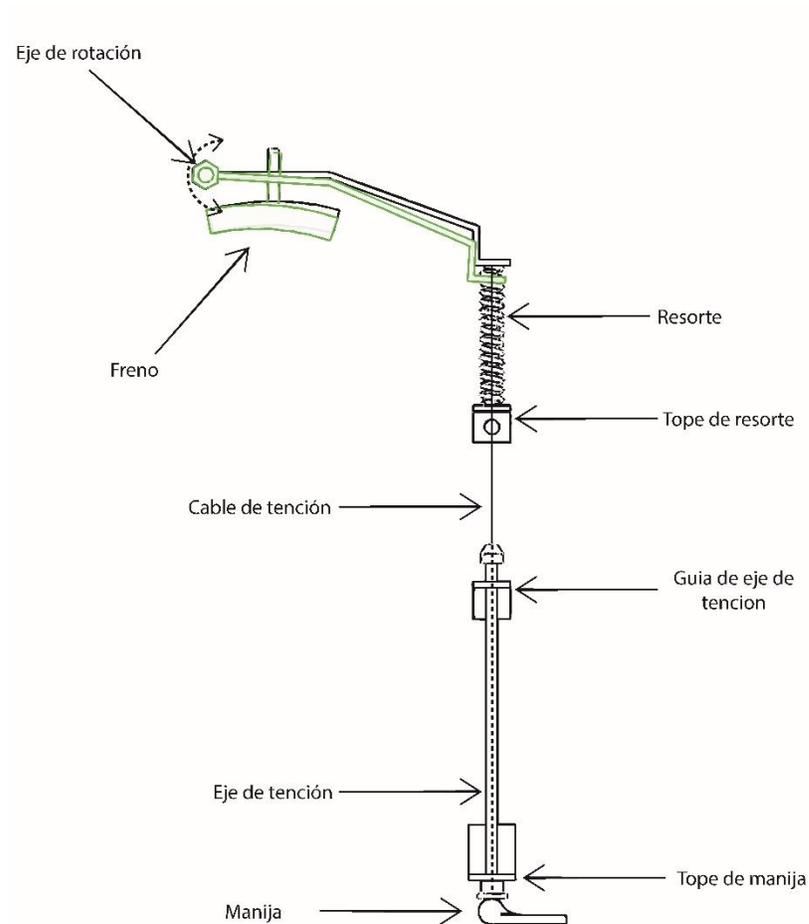


4.3 Sistema de freno para superficie de dibujo

Con el fin de mantener la superficie de dibujo en una posición fija, se implementa la propuesta de un sistema de freno inspirado en los frenos de bicicleta, el sistema funciona tensionando un cable, por medio de un pincho de liberación rápida (Eje de tensión); en el cual la manija da vuelta y tensa el cable, a su vez el resorte se comprime y la goma (Freno) se oprime contra el eje de la base giratoria del sistema, lo que permite que la misma no se mueva y el usuario pueda dibujar usando la posición que requiera sin que la superficie se mueva, para liberar esa posición se gira la manija en sentido contrario y el resorte devuelve el freno a su posición inicial.

Figura 53

Sistema de Freno



4.4 Listas de especificaciones

Los tres módulos se conforman por dos tipos de elementos: los fabricados especialmente para la estación y en el otro extremo, se encuentran las herramientas y objetos prefabricados.

A continuación, se enlistan y detallan los elementos de acuerdo a su fabricación (Tabla 23-25):

Figura 54

Elementos de Fabricación Especial y Prefabricados (Módulo 1)

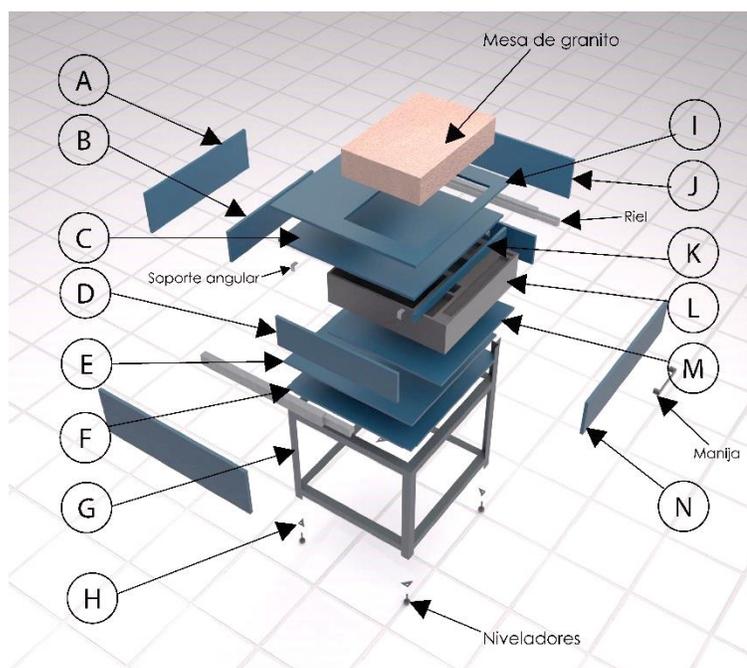


Tabla 23

Clasificación de Elementos Prefabricados y de Fabricación Especial del Módulo 1

| Módulo 1 | | | |
|-------------------------|-----------------------------------|--------------------------|------------------------|
| Elementos prefabricados | Elementos de fabricación especial | N.º de elementos iguales | Medidas generales (cm) |
| | Posterior de cajón (A) | 1 | 58 x 18 |
| | Posterior de Espuma (B) | 1 | 51 x 14 |
| | Base de mesa de granito (C) | 1 | 57 x 58 |
| | Lateral de Espuma (D) | 2 | 13 x 50 |
| | Base de cajón (E) | 1 | 60 x 61 |
| | Base de mochila (F) | 1 | 60 x 64 |
| | Estructura de módulo 1(G) | 1 | 64 x 60 x 73 |

Módulo 1

| Elementos prefabricados | Elementos de fabricación especial | N.º de elementos iguales | Medidas generales (cm) |
|-------------------------|-----------------------------------|--------------------------|------------------------|
| | Tapón de perfil angular (H) | 4 | 4 x 4 |
| | Tapa de cajón (I) | 1 | 60 x 61 |
| | Lateral de cajón (J) | 2 | 58 x 18 |
| | Frontal de cajón (K) | 1 | 3 x 61 |
| | Espuma protectora (L) | 1 | 49 x 50 x 13 |
| | Base de Espuma (M) | 1 | 51 x 50 |
| | Frontal de Espuma (N) | 1 | 61 x 14 |
| Mesa de granito | | 1 | 45 x 30 x 10 |
| Soporte angular | | 4 | 3 x 3 |
| Manija | | 1 | 13 |
| Niveladores | | 4 | 6 x 2 |

Figura 55

Elementos de Fabricación Especial y Prefabricados (Módulo 2)

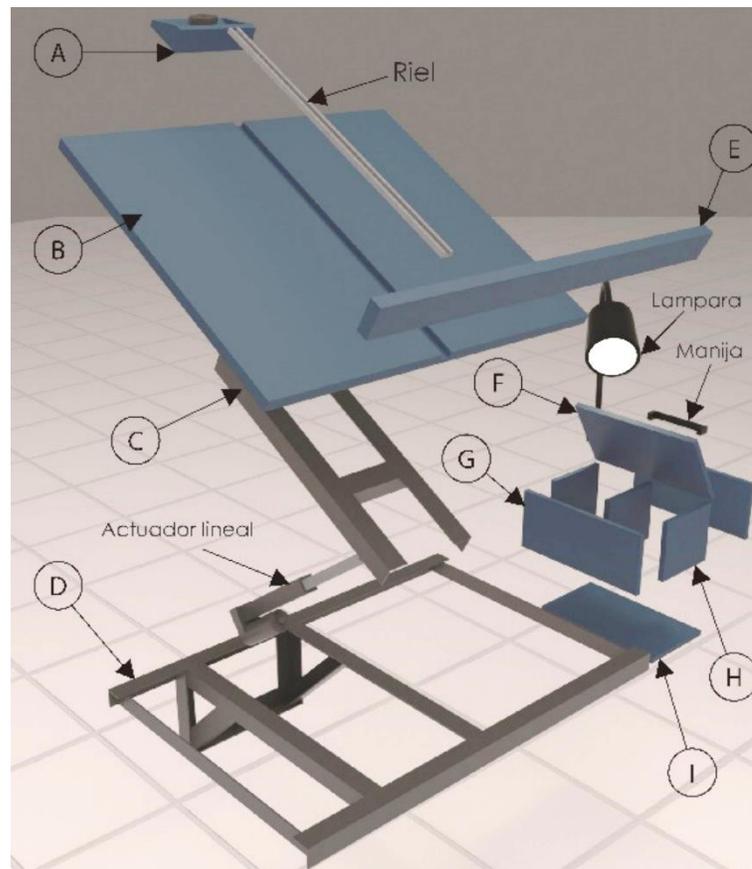


Tabla 24

Clasificación de Elementos Prefabricados y de Fabricación Especial del Módulo 2

| Módulo 2 | | | |
|--------------------------------|--|---------------------------------|-------------------------------|
| Elementos prefabricados | Elementos de fabricación especial | N.º de elementos iguales | Medidas generales (cm) |
| | Tope de seguridad (A) | 1 | 4 x 8 x 15 |
| | Base de medición (B) | 1 | 65 x 58 |
| | Soporte de base de medición (C) | 1 | 50 x 18 x 4 |
| | Estructura Módulo 2 (D) | 1 | 60 x 86 x 20 |
| | Tope de medición (E) | 1 | 65 x 5 |
| | Tapa de cajón de piezas (F) | 1 | 16 x 30 |
| | Lateral de cajón de piezas (G) | 2 | 30 x 13 |
| | Divisor de cajón de piezas (H) | 3 | 14 x 13 |

Módulo 2

| Elementos prefabricados | Elementos de fabricación especial | N.º de elementos iguales | Medidas generales (cm) |
|-------------------------|-----------------------------------|--------------------------|------------------------|
| | Fondo de cajón de piezas (I) | 1 | 17 x 30 |
| Riel | | 1 | 58 x 2 x 1 |
| Lámpara | | 1 | 14 x 61 x 15 |
| Manija | | 1 | 13 |
| Actuador lineal | | 1 | 30-50 x 4 x 8 |

Figura 56
Elementos de Fabricación Especial y Prefabricados (Módulo 3)

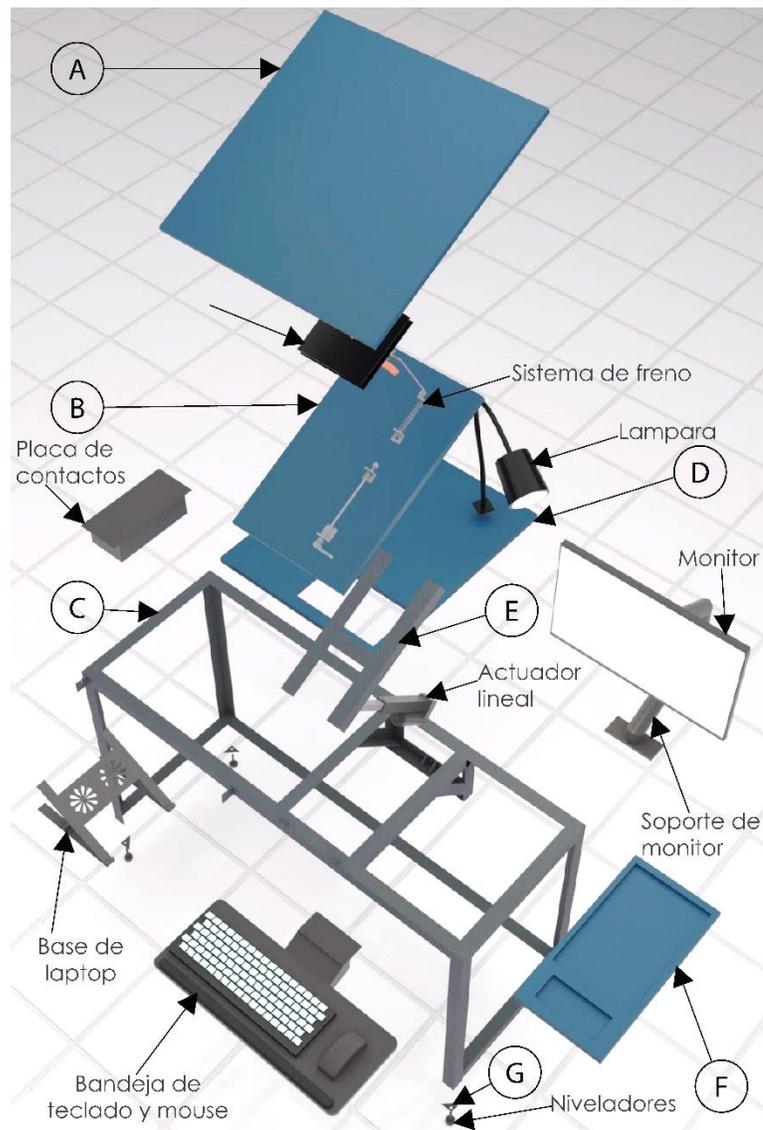


Tabla 25

Clasificación de Elementos Prefabricados y de Fabricación Especial del Módulo 3

| Módulo 3 | | | |
|-------------------------|--|--------------------------|------------------------|
| Elementos prefabricados | Elementos de fabricación especial | N.º de elementos iguales | Medidas generales (cm) |
| | Superficie de dibujo (A) | 1 | 50 x 50 |
| | Base de dibujo (B) | 1 | 49 x 30 |
| | Estructura módulo 3 (C) | 1 | 135 x 50 x 73 |
| | Superficie de carga y almacenamiento (D) | 1 | 74 x 60 |
| | Soporte de mesa de dibujo (E) | 1 | 40 x 18 x 4 |

Módulo 3

| Elementos prefabricados | Elementos de fabricación especial | N.º de elementos iguales | Medidas generales (cm) |
|-------------------------|-----------------------------------|--------------------------|------------------------|
| | Bandeja de herramientas (F) | 1 | 50 x 25 |
| | Tapón de perfil angular (G) | 1 | 4 x 4 |
| | Base giratoria | 1 | 16 x 16 x 2 |
| | Sistema de freno | 1 | 41 x 16 x 2 |
| | Lámpara | 1 | 14 x 61 x 15 |
| | Monitor | 1 | 17" – 32" |
| | Actuador lineal | 1 | 30-50 x 4 x 8 |
| | Soporte de monitor | 1 | 11 x 29 x 41 |
| | Base de laptop | 1 | 27 x 10 x 3 |
| | Placa de contactos | 1 | 26 x 11 x 7.2 |
| | Bandeja de teclado y mouse | 1 | 63 x 25 |
| | Niveladores | 4 | 6 x 2 |

Capítulo 5: Evaluación

La culminación del proceso de diseño y desarrollo de cualquier prototipo requiere una evaluación exhaustiva para validar su rendimiento tanto en términos estructurales como ergonómicos.

Este capítulo se centra en dos evaluaciones cruciales: la evaluación estática, que se enfoca en la resistencia y estabilidad estructural del prototipo, y la evaluación ergonómica, que analiza la adaptabilidad y comodidad del diseño para los usuarios finales. Ambas evaluaciones se presentan como una oportunidad crítica para comprender la eficacia global de la propuesta, identificar posibles áreas de mejora y determinar si ajustes son necesarios para optimizar la funcionalidad y la experiencia del usuario.

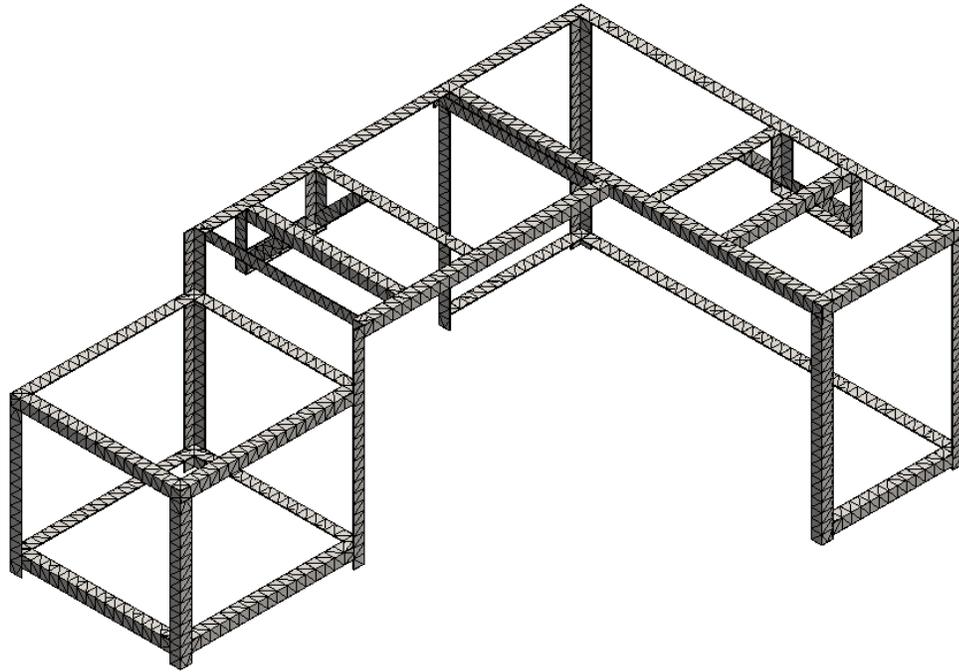
La evaluación estática proporcionará una comprensión detallada de cómo la estructura del prototipo resiste y distribuye las cargas aplicadas, mientras que la evaluación ergonómica arrojará luz sobre la experiencia del usuario durante la interacción con el sistema.

5.1 Análisis estático por método de elemento finito

Cuando se aplican cargas externas a un cuerpo, se transmiten y lo deforman por lo que es necesario calcular: desplazamientos, deformaciones, tensiones y factores de seguridad, para asegurar su buen funcionamiento. Si se tiene que evaluar un sólido que tiene forma compleja, es necesario utilizar un programa CAE (Ingeniería Asistida por Computadora) para realizar un estudio por elemento finito el cual es un estudio aproximativo que divide el cuerpo en segmentos pequeños de tres lados; a este conjunto de segmentos se le conoce como malla (Figura 57).

Figura 57

Representación de Malla para Análisis Estático



La malla es la representación de un conjunto de ecuaciones algebraicas las cuales son de equilibrio para cada nodo, enseguida el programa CAE asigna a cada nodo el grado de libertad requerido. (Ayuda de SolidWorks, 2023).

El análisis proporciona datos al diseñador referentes al comportamiento que tendrán los componentes del diseño cuando se les aplique una fuerza, dependiendo de esos datos se puede saber: que tan seguro es el diseño, cuáles son las magnitudes de sus deformaciones, si se deforma permanentemente y si se necesita mejorar el diseño.

En el presente estudio se utilizan los datos técnicos del Acero al carbón laminado en caliente ASTM A36; usado en la industria de la construcción estructural, cuyas características técnicas son las mostradas en la Tabla 26 (Crea, 2023).

Tabla 26*Propiedades Físicas del Acero ASTM A36*

| Propiedad | Valor (Unidades) |
|-------------------------|---------------------------------|
| Módulo elástico | 2e11 (N/m ²) |
| Coefficiente de Poisson | 0.26 (N/D) |
| Módulo cortante | 7.93e10 (N/m ²) |
| Densidad de masa | 7,850 (kg/ m ³) |
| Límite de tracción | 400,000,000 (N/m ²) |
| Límite elástico | 250,000,000 (N/m ²) |

Fuente: Mundial (2023).

5.1.1 Calculo de cargas externas

En este apartado se calcula la masa (kg) de cada elemento de la estación de trabajo para determinar la magnitud de las fuerzas que actuarán en la estructura.

La Figura 58 muestra todas las piezas que conforman el módulo 1, en la Tabla 27 se muestra la fuerza resultante de cada elemento.

Figura 58

Piezas que Conforman el Módulo 1

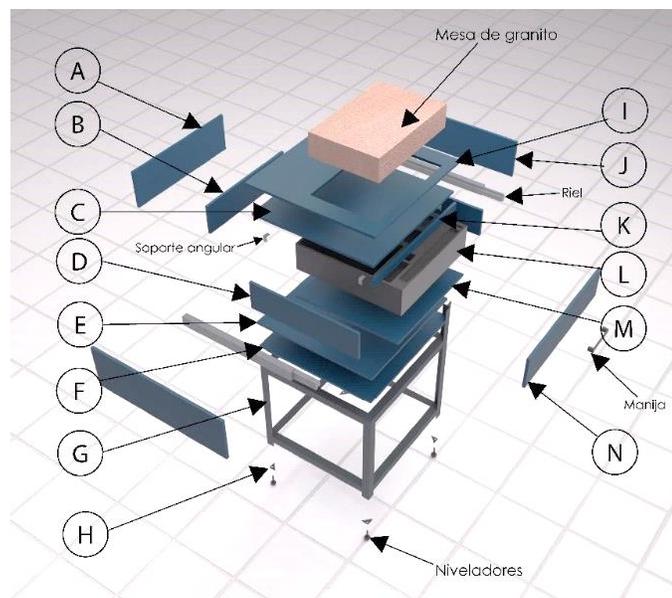


Tabla 27

División de Cargas del Módulo 1

| Cargas de la estructura del módulo 1 | | | | | |
|---|----------|---|-----------|------------|-----------|
| Material/Peso-Peso unitario | Elemento | Medidas (m ² -m ³) | Masa (kg) | Fuerza (N) | Total (N) |
| Melamina 1.2 cm 8.16 kg/m ² | • A | • 0.1044 | • 0.85 | • 8.34 | 815.29 |
| | • B | • 0.0714 | • 0.58 | • 5.69 | |
| | • C | • 0.3306 | • 2.69 | • 26.39 | |
| | • D x 2 | • 0.065 x 2 | • 1.06 | • 10.40 | |
| | • E | • 0.366 | • 2.98 | • 29.23 | |
| | • F | • 0.384 | • 3.13 | • 30.71 | |
| | • I | • 0.366 | • 2.98 | • 29.23 | |
| | • J x 2 | • 0.1044 x 2 | • 1.7 | • 16.68 | |
| | • K | • 0.0183 | • 0.14 | • 1.37 | |
| | • M | • 0.255 | • 2.08 | • 20.40 | |

Cargas de la estructura del módulo 1

| Material/Peso-Peso unitario | Elemento | Medidas (m²-m³) | Masa (kg) | Fuerza (N) | Total (N) |
|--|-----------------|--|------------------|-------------------|------------------|
| | • N | • 0.0854 | • 0.69 | • 6.77 | |
| Polietileno 45 kg/m ³ | • L | • 0.49 x 0.50 x 0.13 = 0.0318 | • 1.43 | • 14.03 | |
| Riel | | | • 2 | • 19.62 | |
| Mesa de granito | | | • 38 | • 372.78 | |
| Vernier grande (30 cm) | | | • 0.27 | • 2.65 | |
| Vernier chico (15 cm) | | | • 0.29 | • 2.84 | |
| Vernier de alturas | | | • 1.07 | • 10.50 | |
| Micrómetro | | | • 0.19 | • 1.86 | |
| Galga de roscas | | | • 0.045 | • 0.44 | |
| Flexómetro | | | • 0.08 | • 0.78 | |
| Goniómetro | | | • 0.37 | • 3.63 | |
| Galga de radios | | | • 0.45 | • 4.41 | |
| Manija | | | • 0.033 | • 0.32 | |
| Pieza mecánica | | | • 20 | • 196.20 | |
| Cargas de la parte inferior de la estructura del módulo 1 | | | | | |
| Útiles escolares- Mochila | | | • 10 | • 98.10 | 98.10 |

La Figura 59 muestra todas las piezas que conforman el módulo 2, en la Tabla 28 se muestra la fuerza resultante de cada elemento.

Figura 59

Piezas que Conforman el Módulo 2

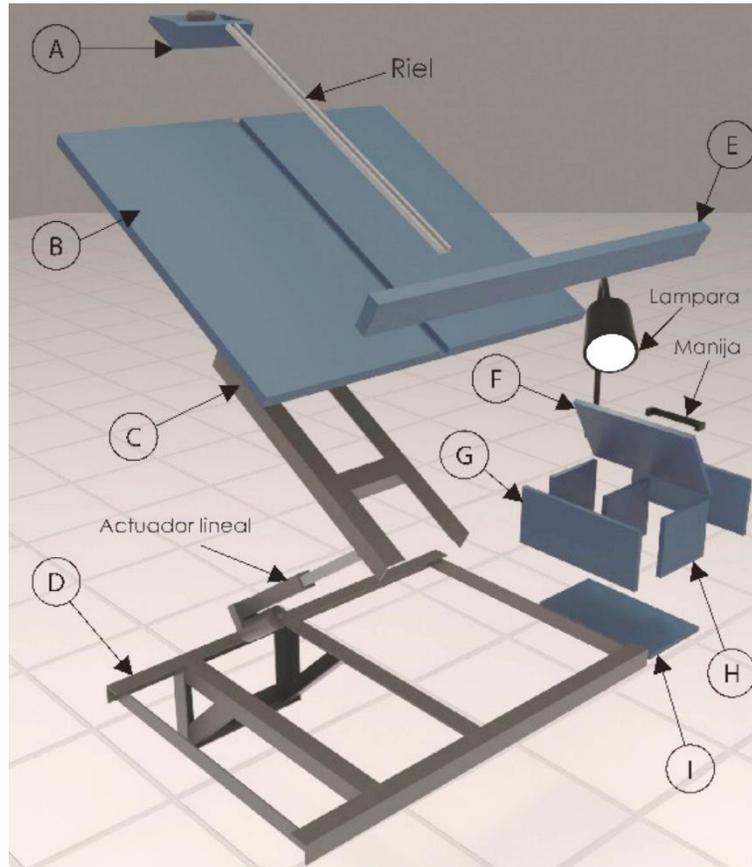


Tabla 28

División de Cargas del Módulo 2

| Material/Peso-Peso unitario | Elemento | Medidas (m-m ² -m ³) | Masa (kg) | Fuerza (N) | Total (N) |
|---|----------|---|-----------|------------|-----------|
| Melamina 1.2 cm 8.16 kg/m ² | • A | • 0.018 | • 0.1512 | • 1.48 | 354.53 |
| | • F | • 0.050 | • 0.4112 | • 4.03 | |
| | • Gx2 | • 0.039 | • 0.63 | • 6.18 | |
| | • Hx3 | • 0.019 | • 0.47 | • 4.61 | |
| | • I | • 0.053 | • 0.4357 | • 4.27 | |

| | | | | |
|-------------------------|-----|---------|------------|----------|
| Melamina 1.9 cm | • B | • 0.377 | • 4.56 | • 44.73 |
| 12.11 kg/m ² | • E | • 0.032 | • 0.39 | • 3.83 |
| Perfil angular 1½ x 1½ | • C | • 1.1 | • 1.518 | • 14.89 |
| 1.38 kg/m | | | | |
| Riel | | | • 0.181 | • 1.78 |
| Lámpara | | | • 1.36 | • 13.34 |
| Actuador lineal | | | • 6 aprox. | • 58.86 |
| Manija | | | • 0.033 | • 0.32 |
| Pieza mecánica | | | • 20 | • 196.20 |

La Figura 60 muestra todas las piezas que conforman el módulo 3, en la Tabla 29 se muestra el peso de cada elemento.

Figura 60

Piezas que Conforman el Módulo 3

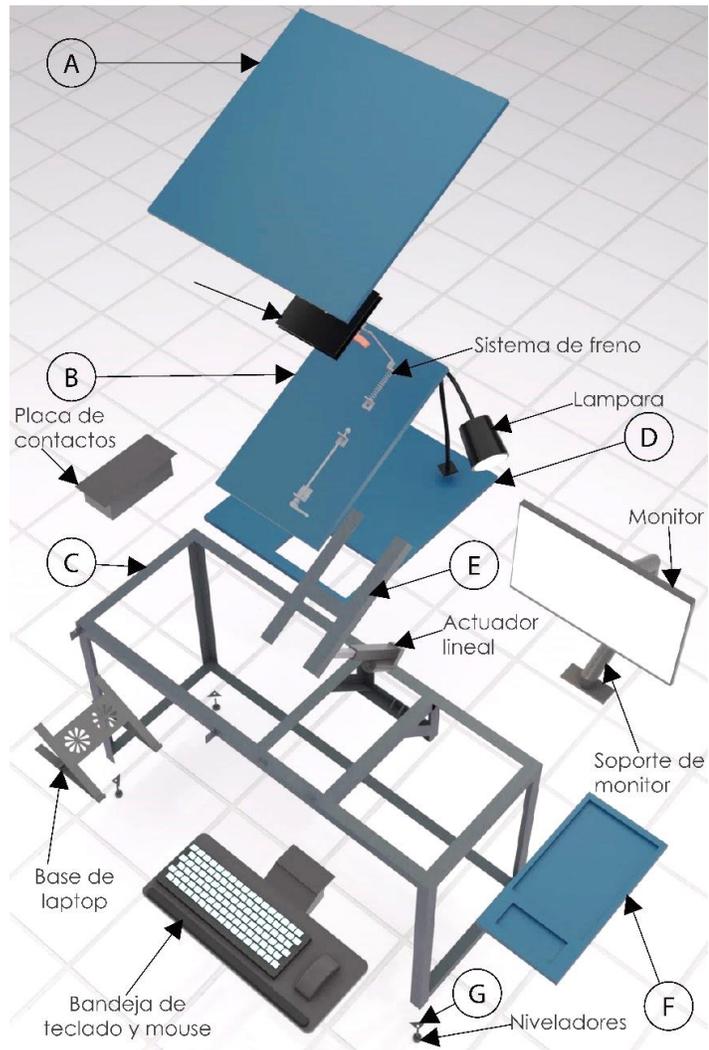


Tabla 29

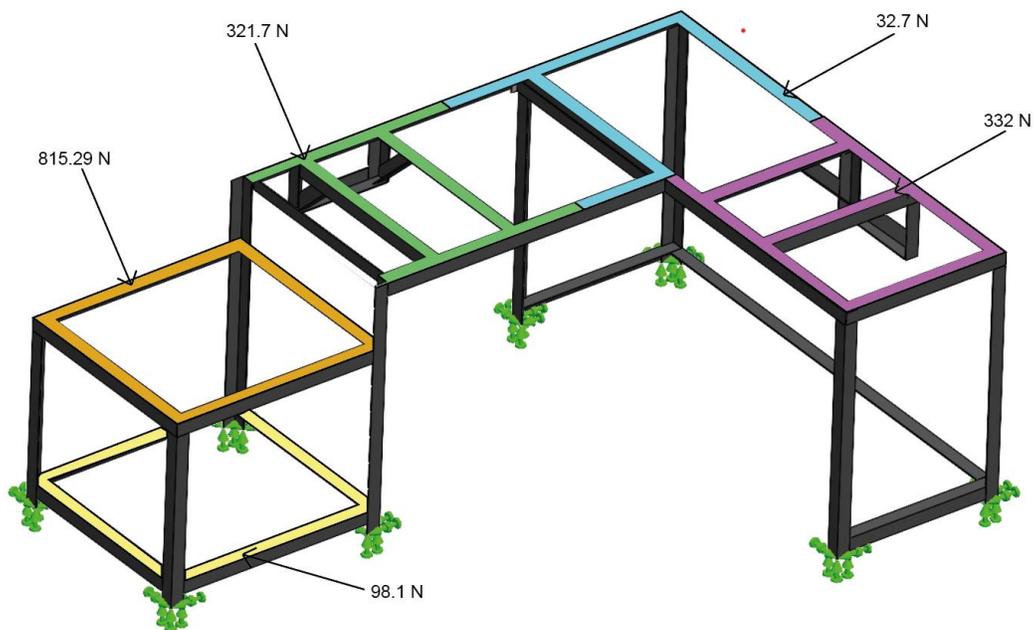
División de Cargas del Módulo 3

| Material/Peso-Peso unitario | Elemento | Medidas (m-m ² -m ³) | Masa (kg) | Fuerza (N) | Total (N) |
|--|-------------------|---|----------------------------|-------------------------------|-----------|
| Melamina 1.2 cm 8.16 kg/m ² | • A | • 0.25 | • 2.15 | • 21.09 | |
| Melamina 1.9 cm 12.11 kg/m ² | • B • D • F | • 0.147 • 0.371 • 0.125 | • 1.78 • 4.49 • 1.51 | • 17.46 • 44.05 • 14.81 | |
| Perfil angular 1½ x 1½ 1.38 kg/m | • E | • 0.5 | • 0.69 | • 6.77 | 332 |
| Base giratoria | | | • 0.643 | • 6.31 | |
| Sistema de freno | | | • .5 aprox. | • 4.91 | |
| Lámpara | | | • 1.36 | • 13.34 | |
| Monitor | | | • 3.6 | • 35.32 | |
| Soporte monitor | | | • 3.12 | • 30.61 | |
| Actuador lineal | | | • 6 aprox. | • 58.86 | |
| Base laptop | | | • .4 | • 3.92 | |
| Placa de contactos | | | • 2 aprox. | • 19.62 | |
| Base de teclado y mouse | | | • 5.6 | • 54.94 | |

Tomando en cuenta los pesos finales de las tablas anteriores y que las piezas que es posible replicar son de diferentes pesos y se colocan en diferentes posiciones; para agilizar el estudio y su compresión, se decidió colocar las fuerzas de manera uniformemente distribuidas en el área donde se asienta la melamina y se colocaron las cargas máximas correspondientes a una pieza de 20 kg, como se muestra en la Figura 61.

Figura 61

Ubicación y Magnitud de Fuerzas



5.1.2 Tensiones de von Mises

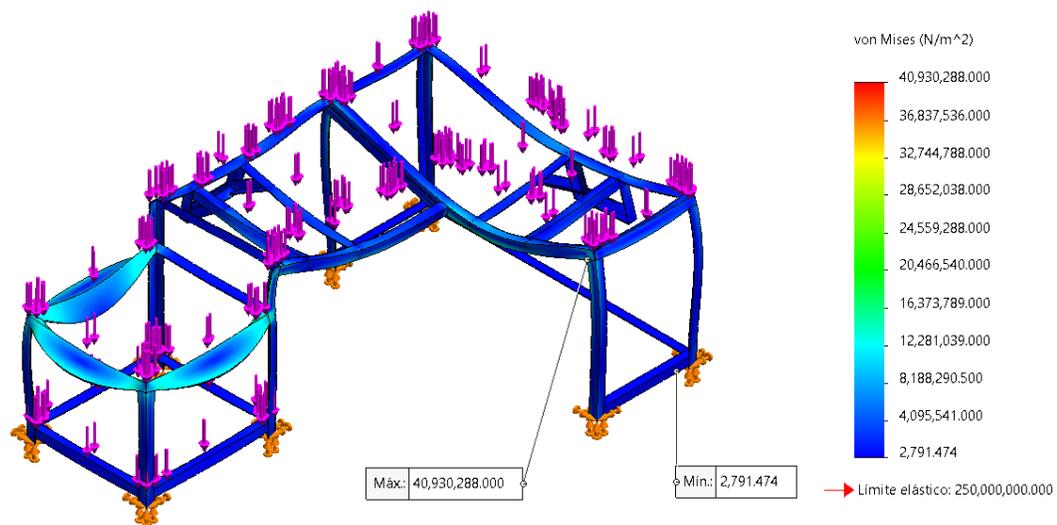
El criterio de máxima tensión de von Mises se basa en la teoría de von Mises-Hencky, también conocida como teoría de la energía de cortadura o teoría de la energía de distorsión máxima. Expone que un material dúctil comienza a ceder en una ubicación cuando la tensión de von Mises es igual al límite de tensión. En la mayoría de los casos, el límite elástico se utiliza como el límite de tensión. Si el valor de von Mises es mayor al límite elástico, el elemento se deformará y no recuperará su forma original, por lo que se dice que el diseño tiene una falla (Ayuda de SolidWorks, 2023).

La estructura del sistema diseñado está hecha de acero astm a36 por lo que el límite elástico es de 250 Mpa (250,000,000 N/m²), por lo que si la tensión de von Mises es mayor a ese valor, la estructura fallará.

Evaluando la estructura con las fuerzas obtenidas en el apartado 5.2 se obtuvo la gráfica de la Figura 62, se observa que el valor de von Mises oscila entre un valor mínimo de: 2,791,474 N/m² en la barra inferior-posterior y un valor máximo de 40,930,288 N/m² cerca de donde se encuentra el teclado, la tensión máxima está por debajo del límite elástico, lo que sugiere que la estructura, en términos de von Mises, se encuentra en un rango seguro en cuanto a la elasticidad del material.

Figura 62

Gráfica de von Mises



En este apartado, se llevó a cabo la evaluación estática de la estación de trabajo mediante el método del elemento finito. Los resultados obtenidos revelan de manera alentadora que la estructura diseñada demuestra una capacidad robusta para resistir las cargas aplicadas, lo que se refleja en tensiones de von Mises dentro de límites aceptables, desplazamientos mínimos y un factor de seguridad significativamente positivo.

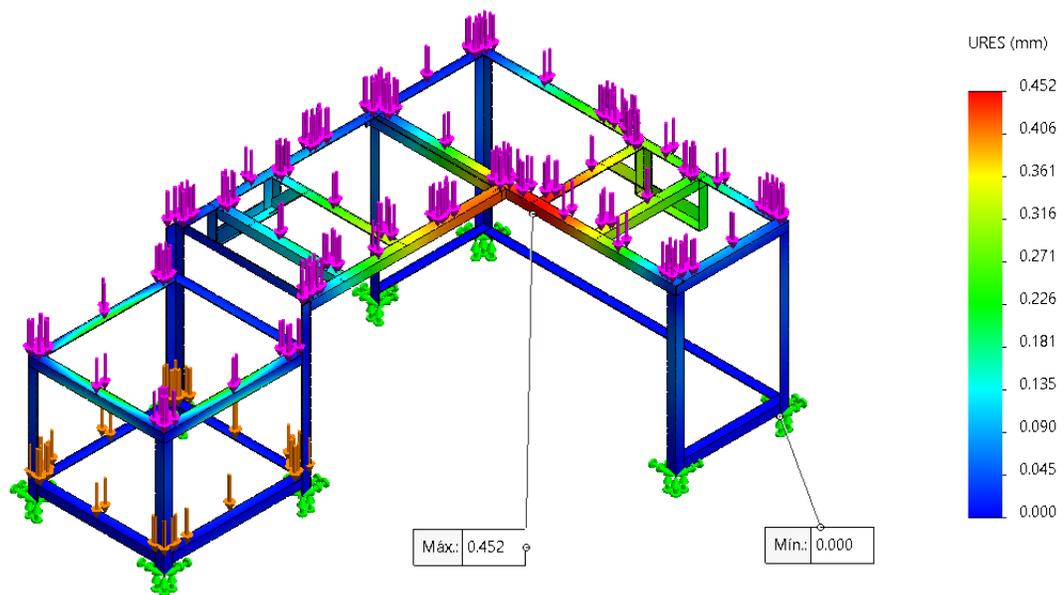
En conjunto, los resultados de esta evaluación estática confirman la solidez del diseño estructural y respaldan la capacidad de la estación de trabajo para soportar las condiciones de carga asociadas con las actividades de diseño y replicado de piezas mecánicas.

5.1.3 Desplazamientos

Los desplazamientos resultantes en el estudio estático indican el movimiento de la estructura al momento de aplicar las cargas. Si el desplazamiento es pequeño, indica que la estructura es rígida y experimenta deformaciones limitadas. Ocupando las fuerzas obtenidas en el apartado 5.2 se obtuvieron los desplazamientos observados en la Figura 63, como se observa; la deformación más grande se sitúa en cerca del punto de conexión cerca del usuario, entre el módulo 2 y el módulo 3, la deformación máxima es de 0.452 mm por lo que el diseñador asume que es insignificativa, ya que no afecta el uso del sistema, por otro lado, se observa que los segmentos inferiores del sistema tienen desplazamientos mínimos por lo que se confirma que los apoyos están funcionando según lo previsto.

Figura 63

Gráfica de Desplazamientos



5.1.4 Factor de seguridad

El factor de seguridad en un estudio estático es una medida utilizada para evaluar la capacidad de una estructura o componente para resistir cargas aplicadas sin experimentar fallas. Es una relación entre la capacidad de carga máxima que puede soportar la estructura y la carga máxima que se espera que soporte en condiciones de servicio. La fórmula para calcular el factor de seguridad es la siguiente

$$FS = \frac{\text{Carga de ruptura o colapso}}{\text{Carga aplicada o máxima esperada}}$$

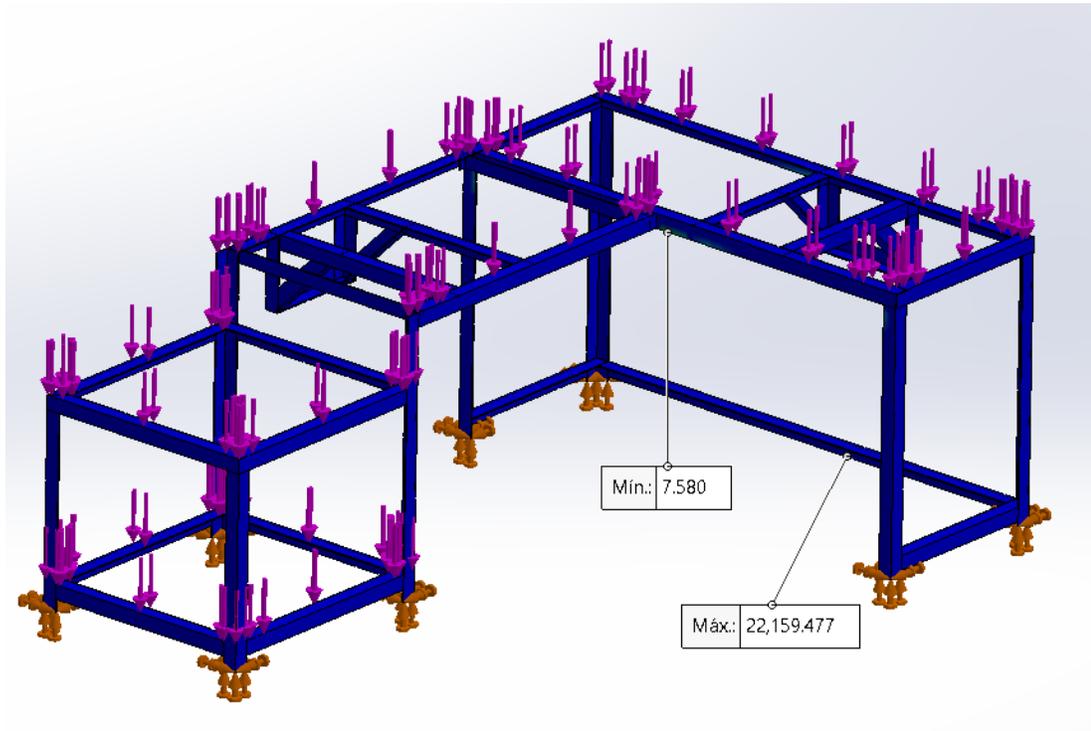
Carga de ruptura o colapso: Representa la carga máxima que puede soportar la estructura sin experimentar falla o colapso. Esta carga se determina a través de análisis estructurales y pruebas de materiales.

Carga aplicada o máxima esperada: Es la carga que se espera que la estructura experimente en condiciones normales de operación. Esto incluye las cargas que actúan sobre la estructura debido a factores como fuerzas externas, presiones, pesos, etc.

En la Figura 64 se muestra que la zona con el mínimo factor de seguridad, donde se encuentra la unión entre el módulo 2 y 3, es de 7.58 por lo que se determina que el sistema es seguro, pues se necesita más de 7 veces la carga real para que el material falle.

Figura 64

Gráfica de Factor de Seguridad



5.2 Análisis ergonómico por el método RULA

La ergonomía desempeña un papel fundamental en la optimización del entorno laboral para garantizar la salud y el bienestar de los usuarios. En este contexto, el presente apartado se enfoca en la evaluación ergonómica de las actividades laborales mediante el método Rapid Upper Limb Assessment (RULA). Este enfoque sistemático permite analizar y cuantificar de manera eficaz y objetiva los riesgos ergonómicos asociados con las posturas y movimientos del cuerpo, contribuyendo así a la identificación de posibles mejoras en el diseño de la estación de trabajo.

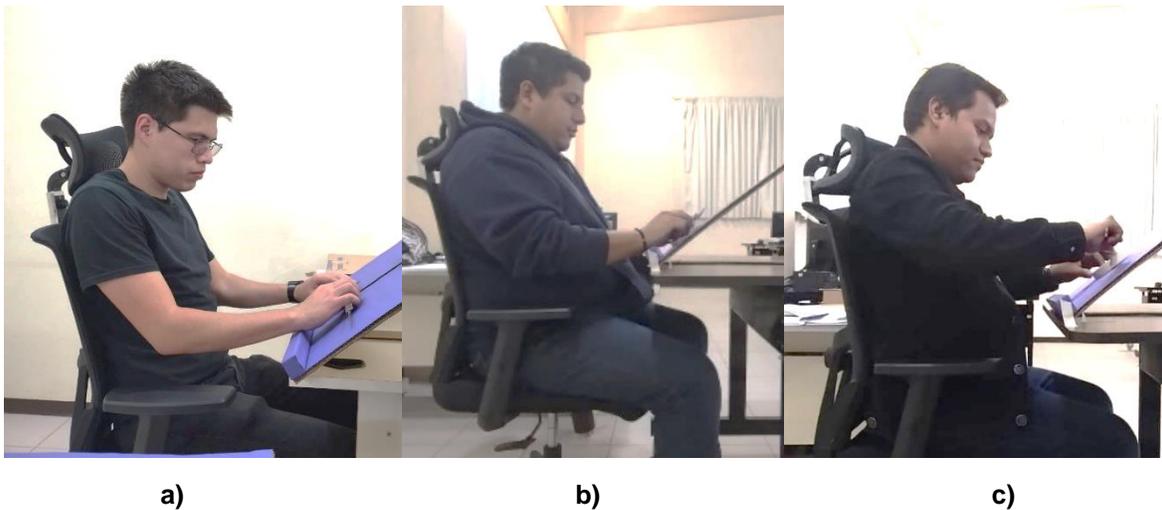
Para proceder con la evaluación ergonómica, se elaboran modelos volumétricos de los componentes del sistema y así emular el trabajo realizado en la estación, se toman fotos a tres usuarios usando el prototipo volumétrico y se evalúan las posiciones adoptadas durante las tres actividades principales (Las que se adoptan por más tiempo): la toma de medidas, el dibujo y el modelado de la pieza mediante un software, el ángulo de inclinación que se muestra en las superficies de medición y bocetado corresponde al ángulo máximo en el que se podrán colocar dichas superficies.

5.2.1 Evaluación ergonómica durante la medición

Paso 1: Seleccionar la postura por evaluar, en este caso se evalúa la postura que se muestra en la Figura 65, donde se observan a tres usuarios diferentes que adoptan la postura más usual adoptada durante la medición de una pieza mecánica.

Figura 65

Postura Adoptada Durante la Medición.



De este lado se determina que el lado a evaluar es el derecho para facilitar la evaluación debido a que las posiciones adoptadas tienen la misma carga postural en ambos lados.

Se evalúan dos grupos principales: A y B. El grupo A corresponde al brazo, antebrazo y muñeca. El grupo B corresponde al cuello, tronco y piernas.

El primer ángulo medido es el del brazo se obtiene midiendo el ángulo formado entre el brazo y el tronco como se muestra en la Figura 66.

Figura 66

Ángulo del Brazo Durante la Medición en la Propuesta



De acuerdo con la Tabla 30 se asigna una puntuación al ángulo resultante.

Tabla 30

Ángulo del Brazo en la Propuesta

| Ángulo | Puntuación | Puntuación final de usuarios | | |
|--|------------|------------------------------|----|----|
| | | a) | b) | c) |
| Desde 20° de extensión, hasta 20° de flexión | 1 | x | x | x |
| Extensión >20° o flexión >20° y <45° | 2 | | | |
| Flexión >45° y 90° | 3 | | | |
| Flexión >90° | 4 | | | |

La puntuación base del brazo durante la medición es de 1. En esta posición no hay elevación de hombros, no están separados los brazos del tronco ni cuentan con un apoyo de descanso por lo que la puntuación del brazo se queda en 1.

El siguiente ángulo evaluado es el formado entre el eje del brazo y el antebrazo como se muestra en la Figura 67.

Figura 67

Ángulo del Antebrazo Durante la Medición en la Propuesta



Tabla 31

Ángulo del Antebrazo Durante la Medición en la Propuesta

| Ángulo | Puntuación | Puntuación final de usuarios | | |
|--------------------------|------------|------------------------------|----|----|
| | | a) | b) | c) |
| Flexión entre 60° y 100° | 1 | x | x | x |
| Flexión <60° o >100° | 2 | | | |

La puntuación del antebrazo es de 1, en este caso no se realizan modificaciones a la puntuación, pues el antebrazo no cruza la línea media del cuerpo.

El tercer ángulo medido es el correspondiente a la muñeca, el cual se muestra en la Figura 68.

Figura 68

Ángulo de la Muñeca Durante la Medición en la Propuesta

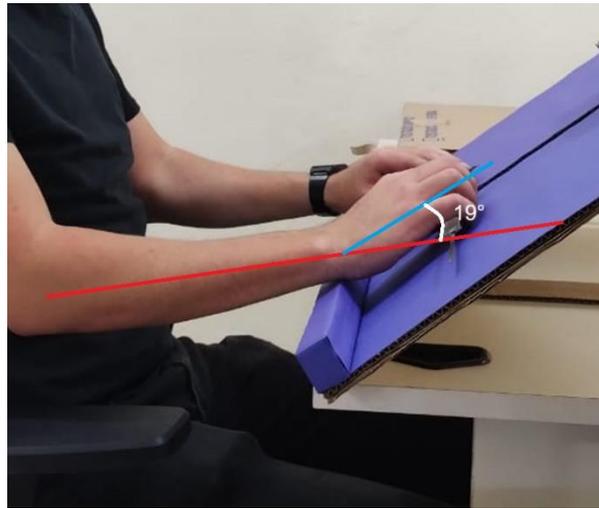


Tabla 32

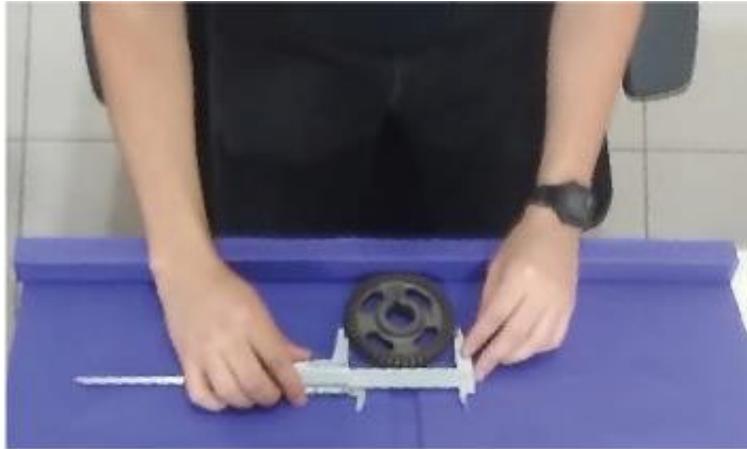
Ángulo de la Muñeca Durante la Medición en la Propuesta

| Ángulo | Puntuación | Puntuación final de usuarios | | |
|--|------------|------------------------------|----|----|
| | | a) | b) | c) |
| Posición neutra | 1 | x | x | x |
| Flexión o extensión $> 0^\circ$ y $< 15^\circ$ | 2 | | | |
| Flexión o extensión $> 15^\circ$ | 3 | | | |

La puntuación es de 3, pero se añade 1 punto por la desviación cubital (Figura 69), por lo que la puntuación termina en 4. (En este caso la mesa cuenta con inclinación variable por lo que la puntuación varía desde 2 hasta 4, dependiendo de la comodidad del usuario). Dependiendo del tamaño de la pieza que se esté midiendo y de la inclinación de la superficie de trabajo, la muñeca del usuario se flexiona o no, por lo que para dar solución a esta problemática se propone que el tope de medición se pueda colocar a diferentes alturas y sea más pequeño para que el usuario no flexione la muñeca por su altura, de esta manera el usuario podrá adoptar una posición neutra y la puntuación de la muñeca terminaría en el valor de 1.

Figura 69

Desviación Cubital Durante la Medición en la Propuesta



Se mide la pronación o supinación de la muñeca, en este caso es media y depende del tamaño de la pieza que se esté midiendo por lo que la puntuación es de 1.

Evaluación del grupo B

El primer ángulo evaluado del grupo B es el conformado por el cuello y el tronco como se muestra en la Figura 70.

Figura 70

Angulo Formado Entre el Cuello y el Tronco Durante la Medición en la Propuesta

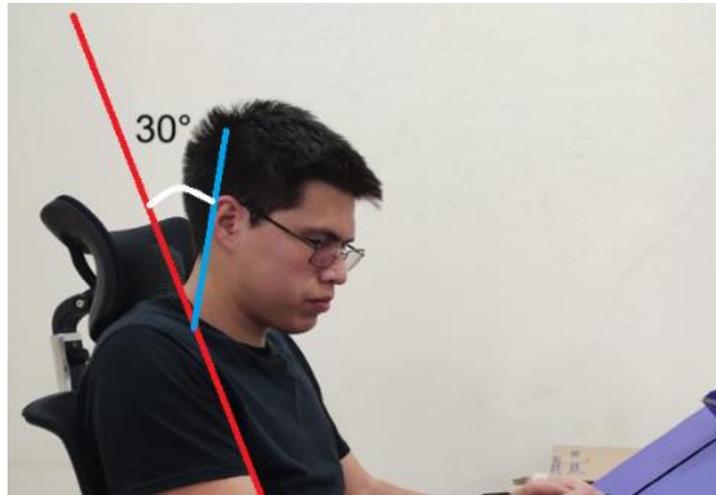


Tabla 33

Puntuación del Ángulo Entre Cuello y Tronco Durante la Medición en la Propuesta

| Ángulo | Puntuación | Puntuación final de usuarios | | |
|--|------------|------------------------------|----|----|
| | | a) | b) | c) |
| Desde 20° de extensión, hasta 20° de flexión | 1 | | | |
| Extensión >20° o flexión >20° y <45° | 2 | x | x | x |
| Flexión >45° y 90° | 3 | | | |
| Flexión >90° | 4 | | | |

El usuario parece no rota o inclina el cuello por lo que la puntuación final es de 3. El ángulo del cuello depende de la inclinación de la superficie de medición, por lo que se recomienda hacer una modificación en el soporte de la base de medición para que la inclinación sea mayor (50° antes 40°) y permita que la pieza se encuentre a la altura de los ojos.

El segundo ángulo del grupo B es correspondiente al tronco como se muestra en la Figura 71.

Figura 71

Ángulo del Tronco Durante la Medición en la Propuesta

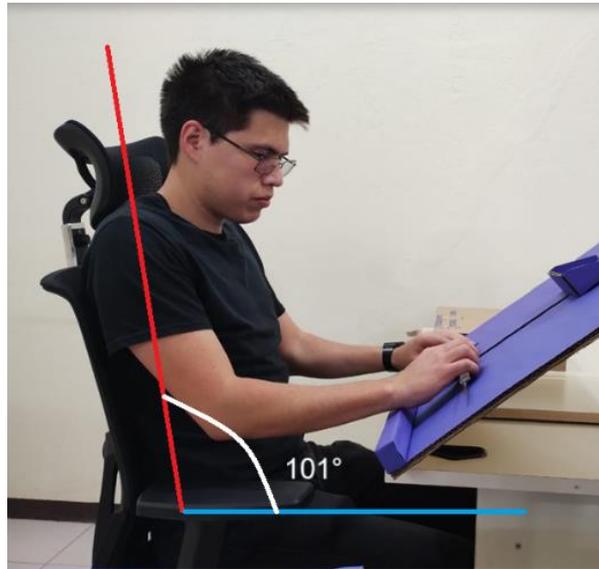


Tabla 34

Puntuación del Tronco Durante la Medición en la Propuesta

| Ángulo | Puntuación | Puntuación final de usuarios | | |
|--|------------|------------------------------|----|----|
| | | a) | b) | c) |
| Sentado bien apoyado y con un ángulo de tronco-caderas $>90^\circ$ | 1 | x | x | x |
| Flexión entre 0° y 20° | 2 | | | |
| Flexión $>20^\circ$ y $\leq 60^\circ$ | 3 | | | |
| Flexión $>60^\circ$ | 4 | | | |

La puntuación del tronco no aumenta debido a que no se observa rotación o inclinación lateral, por lo que la puntuación final es de 1.

Por último, se tiene la puntuación correspondiente a las piernas, la puntuación depende de si el usuario se encuentra sentado o de pie como se muestra en la Figura 72.

Figura 72

Posición de Piernas Durante la Medición en la Propuesta



Tabla 35

Puntuación de Piernas Durante la Medición en la Propuesta

| Ángulo | Puntuación | Puntuación final de usuarios | | |
|---|------------|------------------------------|----|----|
| | | a) | b) | c) |
| Sentado, con piernas y pies bien apoyados. | 1 | x | x | x |
| De pie con el peso simétricamente distribuido y espacio para cambiar de posición. | 2 | | | |
| Los pies no están apoyados o el peso no está simétricamente distribuido. | 3 | | | |

De acuerdo con la Tabla 34 la puntuación de las piernas es de 1.

La puntuación de ambos grupos es la siguiente:

Tabla 36

Puntuación Total de la Postura Adoptada Durante la Medición

| Parte del cuerpo | Puntuación final de usuarios | | |
|------------------|------------------------------|----|----|
| | a) | b) | c) |
| Brazo | 1 | 1 | 1 |
| Antebrazo | 1 | 1 | 1 |
| Muñeca | 1 | 1 | 1 |
| Giro de muñeca | 1 | 1 | 1 |
| Cuello | 1 | 1 | 1 |
| Tronco | 1 | 1 | 1 |
| Piernas | 1 | 1 | 1 |

De acuerdo con los datos obtenidos, se obtiene la puntuación final del grupo A cruzando las filas y columnas de los datos obtenidos como se muestra en la Tabla 37.

Tabla 37

Puntuación Final del Grupo A Durante la Medición en la Propuesta

| | | Muñeca | | | | | | | |
|-------|-----------|----------------|---|----------------|---|----------------|---|----------------|---|
| | | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | |
| | | Giro de Muñeca | | Giro de Muñeca | | Giro de Muñeca | | Giro de Muñeca | |
| Brazo | Antebrazo | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 |
| | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| 2 | 1 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 |
| 3 | 1 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 |
| | 2 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 |
| | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 |
| 4 | 1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 |
| | 2 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 |
| | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 |
| 5 | 1 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 | 7 |
| | 2 | 5 | 6 | 6 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 |
| | 3 | 6 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 | 7 | 8 |
| 6 | 1 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 8 | 8 | 9 |
| | 2 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 9 | 9 | 9 |
| | 3 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 |

Nota: Se puede observar que la puntuación final del grupo A es de 1. Fuente: Mas y Jose, 2023.

La puntuación final del grupo B se obtiene como se muestra en la Tabla 38.

Tabla 38

Puntuación Final del Grupo B Durante la Medición en la Propuesta

| | Tronco | | | | | | | | | | | |
|--------|---------|---|---------|---|---------|---|---------|---|---------|---|---------|---|
| | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | 6 | |
| | Piernas | | Piernas | | Piernas | | Piernas | | Piernas | | Piernas | |
| Cuello | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| 1 | 1 | 3 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 | 6 | 6 | 7 | 7 |
| 2 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 | 5 | 5 | 5 | 6 | 7 | 7 | 7 |
| 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 |
| 4 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 8 | 8 |
| 5 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| 6 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 |

Nota: Se puede observar que la puntuación final fue de 1. Fuente: Mas y Jose, 2023.

La puntuación del grupo A es de 1 y la del grupo B es de 1, tomando en cuenta que la postura se mantiene por más de un minuto, se suma 1 punto a cada puntuación, quedando en: Grupo A: 2 y Grupo B: 2.

Una vez se tienen las puntuaciones finales, se cambia el nombre de los grupos A y B, por grupos C y D respectivamente y se evalúan en la Tabla 39.

Tabla 39

Puntuación Final de la Propuesta Durante la Medición

| Puntuación C | Puntuación D | | | | | | |
|--------------|--------------|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 |
| 2 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 |
| 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 |
| 4 | 3 | 3 | 3 | 4 | 5 | 6 | 6 |
| 5 | 4 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 7 |
| 6 | 4 | 4 | 5 | 6 | 6 | 7 | 7 |
| 7 | 5 | 5 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 |
| 8 | 5 | 5 | 6 | 7 | 7 | 7 | 7 |

Nota: La puntuación final es de 2 por lo cual no es necesario realizar cambios como se muestra en la Tabla 40 Fuente: Mas y Jose, 2023.

Tabla 40

Puntuación para Determinar la Necesidad del Rediseño de la Propuesta Durante la Medición.

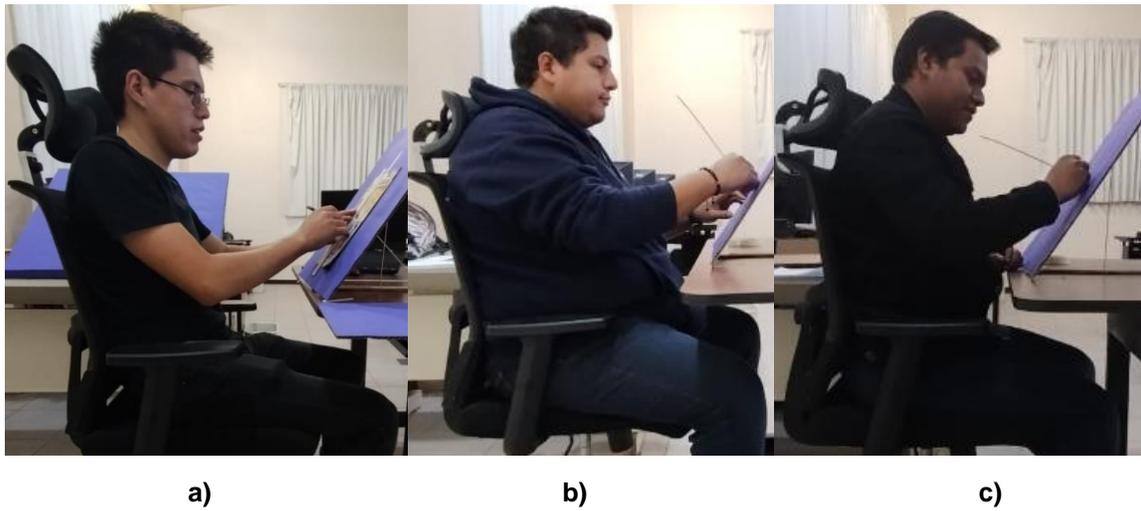
| Puntuación | Nivel | Actuación |
|-------------------|--------------|---------------------------------------|
| 1 o 2 | 1 | Riesgo aceptable |
| 3 o 4 | 2 | Pueden requerirse cambios |
| 5 o 6 | 3 | Requiere el rediseño de la tarea |
| 7 | 4 | Requiere cambios urgentes de la tarea |

5.2.2 Evaluación ergonómica durante el bocetado

La postura evaluada durante el bocetado es la mostrada en la Figura 73.

Figura 73

Postura Adoptada Durante el Bocetado

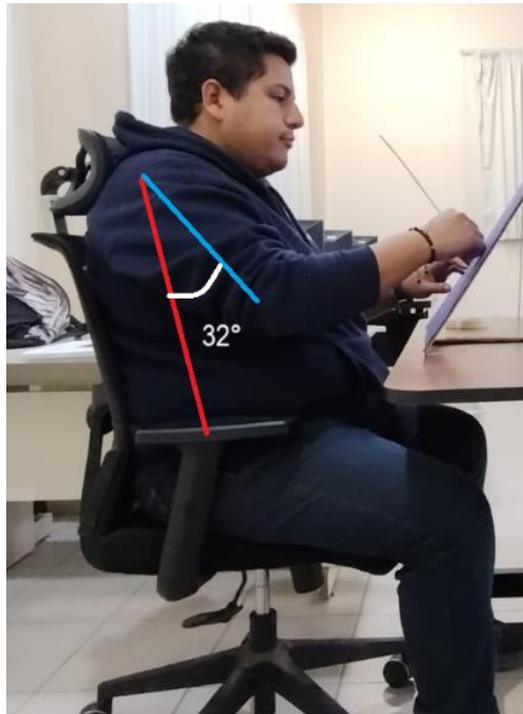


Se determinó que el lado a evaluar será el derecho para facilitar la evaluación debido a que las posiciones adoptadas tienen la misma carga postural en ambos lados.

El primer ángulo medido es el del brazo se obtiene midiendo el ángulo formado entre el bazo y el tronco como se muestra en la Figura 74.

Figura 74

Ángulo del Brazo Durante el Bocetado en la Propuesta



De acuerdo con la Tabla 41 se asigna una puntuación al ángulo resultante.

Tabla 41

Ángulo del Brazo Durante el Bocetado en la Propuesta

| Ángulo | Puntuación | Puntuación final de usuarios | | |
|--|------------|------------------------------|----|----|
| | | a) | b) | c) |
| Desde 20° de extensión, hasta 20° de flexión | 1 | | | |
| Extensión >20° o flexión >20° y <45° | 2 | x | x | x |
| Flexión >45° y 90° | 3 | | | |
| Flexión >90° | 4 | | | |

Nota: La puntuación base del brazo es de 2.

En esta posición no hay elevación de hombros, no están separados los brazos del tronco ni cuentan con un apoyo de descanso por lo que la puntuación del brazo se queda en 2. Debido a que el ángulo del brazo es 5° más grande que el recomendado, se propone instalar un reposabrazos ajustable en la estructura del módulo C, como el que se muestra en la Figura 75. En consecuencia, se modifica la puntuación correspondiente al ángulo del brazo en 1 punto por lo que la puntuación es de 1.

Figura 75

Reposabrazos Ajustable



Fuente: Amazon (2023)

El siguiente ángulo evaluado es el formado entre el eje del brazo y el antebrazo como se muestra en la Figura 76.

Figura 76

Ángulo del Antebrazo Durante el Bocetado en la Propuesta

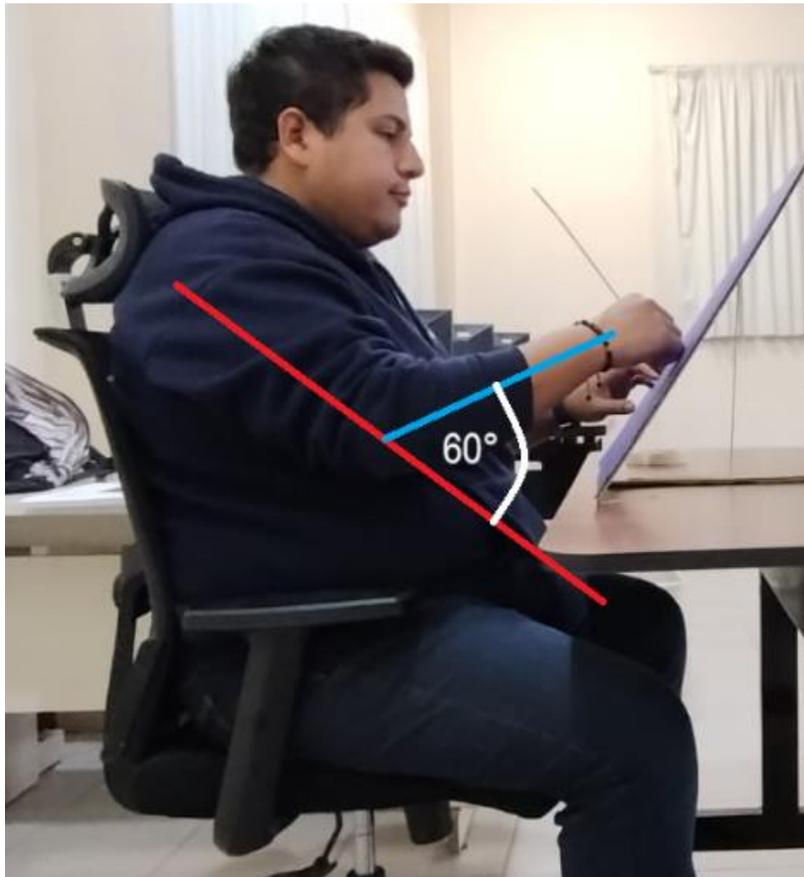


Tabla 42

Ángulo del Antebrazo Durante el Bocetado en la Propuesta

| Ángulo | Puntuación | Puntuación final de usuarios | | |
|--------------------------|------------|------------------------------|----|----|
| | | a) | b) | c) |
| Flexión entre 60° y 100° | 1 | x | x | x |
| Flexión <60° o >100° | 2 | | | |

Nota: La puntuación del antebrazo es de 1, en este caso no se realizan modificaciones a la puntuación, pues el antebrazo no cruza la línea media del cuerpo.

El tercer ángulo medido es el correspondiente a la muñeca, el cual se muestra en la Figura 77.

Figura 77

Ángulo de la Muñeca Durante el Bocetado en la Propuesta



Tabla 43

Ángulo de la Muñeca Durante el Bocetado en la Propuesta

| Posición | Puntuación | Puntuación final de usuarios | | |
|------------------------------------|------------|------------------------------|----|----|
| | | a) | b) | c) |
| Posición neutra | 1 | x | x | x |
| Flexión o extensión > 0° y <15° | 2 | | | |
| Flexión o extensión > 15° | 3 | | | |

Nota: La puntuación es de 1, en este caso no se añade 1 punto por la desviación cubital, como se observa en la Figura 78 la muñeca sigue el eje del antebrazo, por lo que la puntuación termina en 1.

Figura 78

Desviación Cubital Durante el Bocetado en la Propuesta



Se mide la pronación o supinación de la muñeca, en este caso es media por lo que la puntuación es de 1.

Evaluación del grupo B

El primer ángulo evaluado del grupo B conformado por el cuello y el tronco como se muestra en la Figura 79.

Figura 79

Angulo Formado Entre el Cuello y el Tronco Durante el Bocetado en la Propuesta

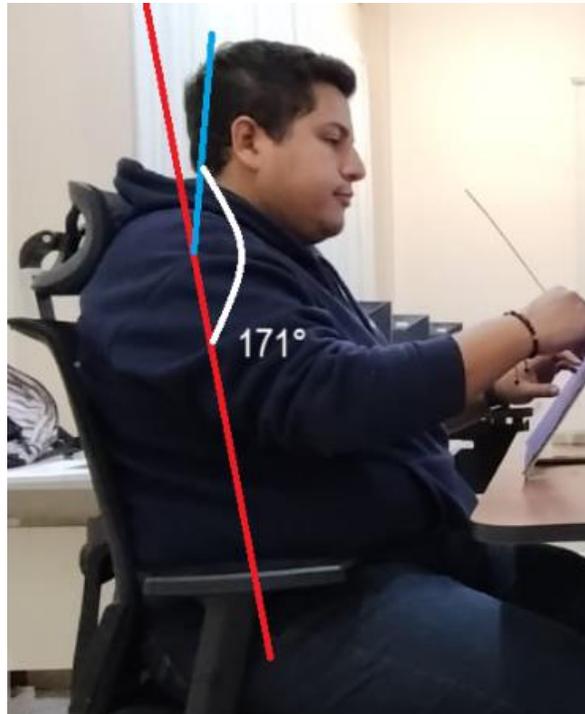


Tabla 44

Puntuación del Ángulo Entre Cuello y Tronco Durante el Bocetado en la Propuesta

| Posición | Puntuación | Puntuación final | | |
|------------------------------|------------|------------------|----|----|
| | | a) | b) | c) |
| Flexión entre 0° y 10° | 1 | x | x | x |
| Flexión > 10° y ≤20° | 2 | | | |
| Flexión > 20° | 3 | | | |
| Extensión en cualquier grado | 4 | | | |

Nota: El usuario parece no rota o inclina el cuello por lo que la puntuación final es de 1.

El segundo ángulo del grupo B es correspondiente al tronco como se muestra en la Figura 80.

Figura 80

Ángulo del Tronco Durante la Medición en la Propuesta

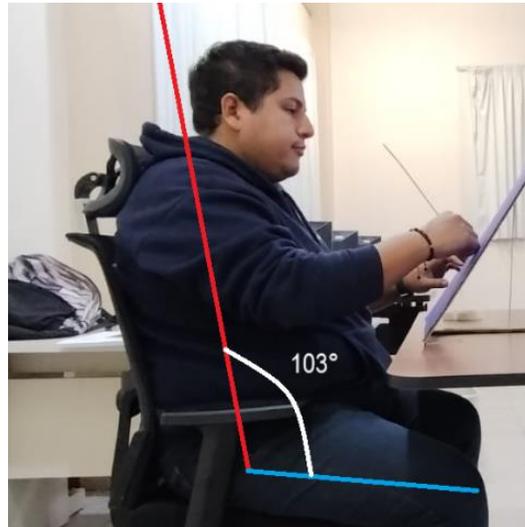


Tabla 45

Puntuación del Tronco Durante la Medición en la Propuesta

| Posición | Puntuación | Puntuación final de usuarios | | |
|---|------------|------------------------------|----|----|
| | | a) | b) | c) |
| Sentado bien apoyado y con un ángulo de tronco-caderas >90° | 1 | x | x | x |
| Flexión entre 0° y 20° | 2 | | | |
| Flexión >20° y ≤60° | 3 | | | |
| Flexión >60° | 4 | | | |

Nota: La puntuación del tronco no aumenta debido a que no se observa rotación o inclinación lateral, por lo que la puntuación final es de 1.

Por último, se tiene la puntuación correspondiente a las piernas, la puntuación depende de si el usuario se encuentra sentado o de pie como se muestra en la Figura 81.

Figura 81

Posición de Piernas Durante el Bocetado en la Propuesta



Tabla 46

Puntuación de Piernas Durante el Bocetado en la Propuesta

| Posición | Puntuación | Puntuación final de usuarios | | |
|---|------------|------------------------------|----|----|
| | | a) | b) | c) |
| Sentado, con piernas y pies bien apoyados. | 1 | x | x | x |
| De pie con el peso simétricamente distribuido y espacio para cambiar de posición. | 1 | | | |
| Los pies no están apoyados o el peso no está simétricamente distribuido. | 2 | | | |

De acuerdo con la Tabla 46 la puntuación de las piernas es de 1.

La puntuación de ambos grupos es la siguiente:

Tabla 47*Puntuación Total de la Propuesta Durante el Bocetado*

| Parte del cuerpo | Puntuación final de usuarios | | |
|------------------|------------------------------|----|----|
| | a) | b) | c) |
| Brazo | 1 | 1 | 1 |
| Antebrazo | 1 | 1 | 1 |
| Muñeca | 1 | 1 | 1 |
| Giro de muñeca | 1 | 1 | 1 |
| Cuello | 1 | 1 | 1 |
| Tronco | 1 | 1 | 1 |
| Piernas | 1 | 1 | 1 |

De acuerdo con los datos obtenidos, se obtiene la puntuación final del grupo A cruzando las filas y columnas de los datos obtenidos como se muestra en la Tabla 48.

Tabla 48

Puntuación Final del Grupo A Durante el Bocetado en la Propuesta

| | | Muñeca | | | | | | | |
|-------|-----------|----------------|---|----------------|---|----------------|---|----------------|---|
| | | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | |
| | | Giro de Muñeca | | Giro de Muñeca | | Giro de Muñeca | | Giro de Muñeca | |
| Brazo | Antebrazo | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 |
| | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| 2 | 1 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 |
| 3 | 1 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 |
| | 2 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 |
| | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 |
| 4 | 1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 |
| | 2 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 |
| | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 |
| 5 | 1 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 | 7 |
| | 2 | 5 | 6 | 6 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 |
| | 3 | 6 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 | 7 | 8 |
| 6 | 1 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 8 | 8 | 9 |
| | 2 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 9 | 9 | 9 |
| | 3 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 |

Nota: Se puede observar que la puntuación final del grupo A es de 1. Fuente: Mas y Jose, 2023.

La puntuación final del grupo B se obtiene como se muestra en la Tabla 49.

Tabla 49

Puntuación Final del Grupo B Durante el Bocetado en la Propuesta

| | | Tronco | | | | | | | | | | | |
|--------|---|---------|---|---------|---|---------|---|---------|---|---------|---|---------|---|
| | | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | 6 | |
| | | Piernas | |
| Cuello | | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| 1 | 1 | 1 | 3 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 | 6 | 6 | 7 | 7 |
| 2 | 2 | 3 | 3 | 2 | 3 | 4 | 5 | 5 | 6 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 |
| 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 8 | 8 |
| 5 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| 6 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 |

Nota: Se puede observar que la puntuación final es de 1. Fuente: Mas y Jose, 2023.

La puntuación del grupo A es de 1 y la del grupo B es de 1, tomando en cuenta que la postura se mantiene por más de un minuto, se suma 1 punto a cada puntuación, quedando en: Grupo A: 2 y Grupo B: 2.

Una vez se tienen las puntuaciones finales, se cambia el nombre de los grupos A y B, por grupos C y D respectivamente y se evalúan en la Tabla 50.

Tabla 50

Puntuación Final de la Postura Durante el Bocetado

| Puntuación C | Puntuación D | | | | | | |
|--------------|--------------|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 |
| 2 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 |
| 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 |
| 4 | 3 | 3 | 3 | 4 | 5 | 6 | 6 |
| 5 | 4 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 7 |
| 6 | 4 | 4 | 5 | 6 | 6 | 7 | 7 |
| 7 | 5 | 5 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 |
| 8 | 5 | 5 | 6 | 7 | 7 | 7 | 7 |

Nota: La puntuación final es de 2 y tiene un riesgo ergonómico aceptable por lo que no se requieren cambios como se muestra en la Tabla 50 Fuente: Mas y Jose, 2023.

Tabla 51

Puntuación para Determinar la Necesidad del Rediseño de la Estación de Trabajo Propuesta Durante el Bocetado.

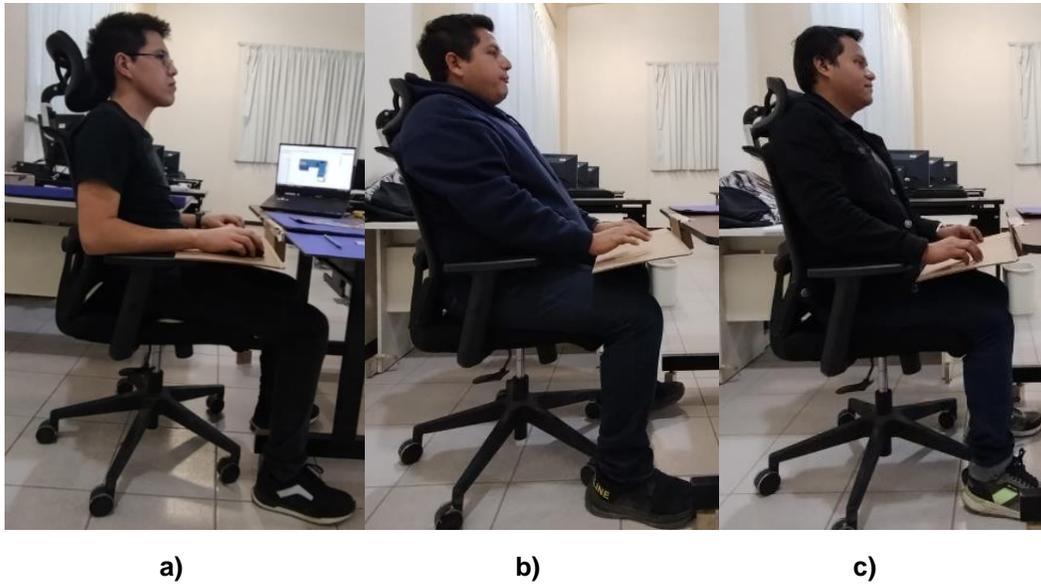
| Puntuación | Nivel | Actuación |
|------------|-------|---------------------------------------|
| 1 o 2 | 1 | Riesgo aceptable |
| 3 o 4 | 2 | Pueden requerirse cambios |
| 5 o 6 | 3 | Requiere el rediseño de la tarea |
| 7 | 4 | Requiere cambios urgentes de la tarea |

5.2.3 Evaluación ergonómica durante el modelado

La postura evaluada durante el modelado es la mostrada en la Figura 82.

Figura 82

Postura Adoptada Durante el Modelado.



Se determinó que el lado a evaluar será el derecho para facilitar la evaluación debido a que las posiciones adoptadas tienen la misma carga postural en ambos lados.

El primer ángulo medido es el del brazo se obtiene midiendo el ángulo formado entre el bazo y el tronco como se muestra en la Figura 83.

Figura 83

Angulo del Brazo Durante el Modelado en la Propuesta



De acuerdo con la Tabla 52 se asigna una puntuación al ángulo resultante.

Tabla 52

Ángulo del Brazo Durante el Modelado en la Propuesta

| Ángulo | Puntuación | Puntuación final de usuarios | | |
|--|------------|------------------------------|----|----|
| | | a) | b) | c) |
| Desde 20° de extensión, hasta 20° de flexión | 1 | x | x | x |
| Extensión >20° o flexión >20° y <45° | 2 | | | |
| Flexión >45° y 90° | 3 | | | |
| Flexión >90° | 4 | | | |

Nota: En esta posición no hay elevación de hombros, no están separados los brazos del tronco por lo que la puntuación del brazo se queda en 1.

El siguiente ángulo evaluado es el formado entre el eje del brazo y el antebrazo como se muestra en la Figura 84.

Figura 84

Ángulo del Antebrazo Durante el Modelado en la Propuesta

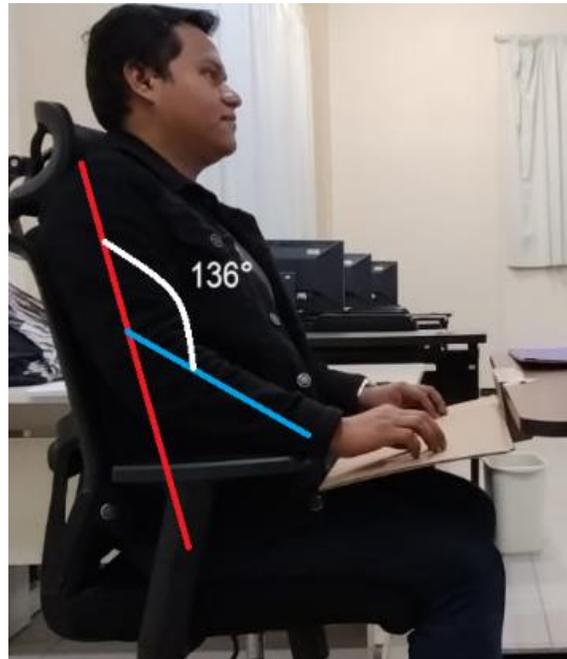


Tabla 53

Ángulo del Antebrazo Durante el Modelado en la Propuesta

| Ángulo | Puntuación | Puntuación final de usuarios | | |
|--------------------------|------------|------------------------------|----|----|
| | | a) | b) | c) |
| Flexión entre 60° y 100° | 1 | x | | x |
| Flexión <60° o >100° | 2 | | x | |

Nota: La puntuación del antebrazo del usuario b es de 1, en este caso no se realizan modificaciones a la puntuación, pues la base del teclado y ratón es ajustable y se puede colocar por encima para que el usuario no deba de flexionar tanto los brazos.

El tercer ángulo medido es el correspondiente a la muñeca, el cual se muestra en la Figura 85.

Figura 85

Ángulo de la Muñeca Durante el Modelado en la Propuesta

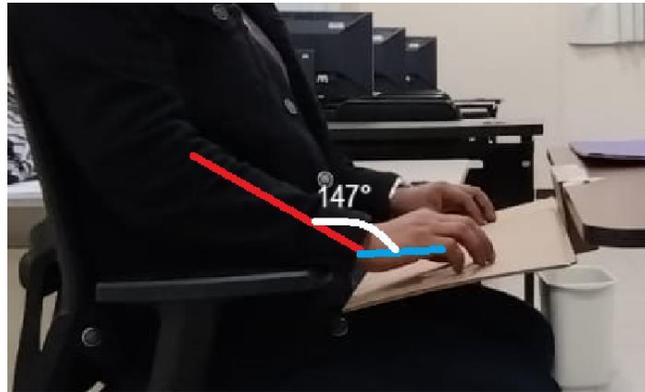


Tabla 54

Ángulo de la Muñeca Durante el Modelado en la Propuesta

| Posición | Puntuación | Puntuación final de usuario | | |
|------------------------------------|------------|-----------------------------|----|----|
| | | a) | b) | c) |
| Posición neutra | 1 | x | | x |
| Flexión o extensión > 0° y <15° | 2 | | | |
| Flexión o extensión > 15° | 3 | | x | |

Nota: La puntuación es de 1, debido a que la base de las herramientas de modelado se puede subir para que el usuario no deba de flexionar las muñecas como se muestra en la Figura 85, en este caso no se añade 1 punto por la desviación cubital, como se observa en la Figura 86 la muñeca sigue el eje del antebrazo, por lo que la puntuación termina en 1.

Figura 86

Desviación Cubital Durante el Modelado en la Propuesta



Se mide la pronación o supinación de la muñeca, en este caso es extrema por lo que la puntuación es de 2. La herramienta utilizada (teclado y ratón) provoca que la muñeca tome la posición descrita por lo cual la puntuación se decidió bajar a un valor de 1, ya que la posición es propia del uso de las herramientas.

Evaluación del grupo B

El primer ángulo evaluado del grupo B conformado por el cuello y el tronco como se muestra en la Figura 87.

Figura 87

Angulo Formado Entre el Cuello y el Tronco Durante el Modelado en la Propuesta.

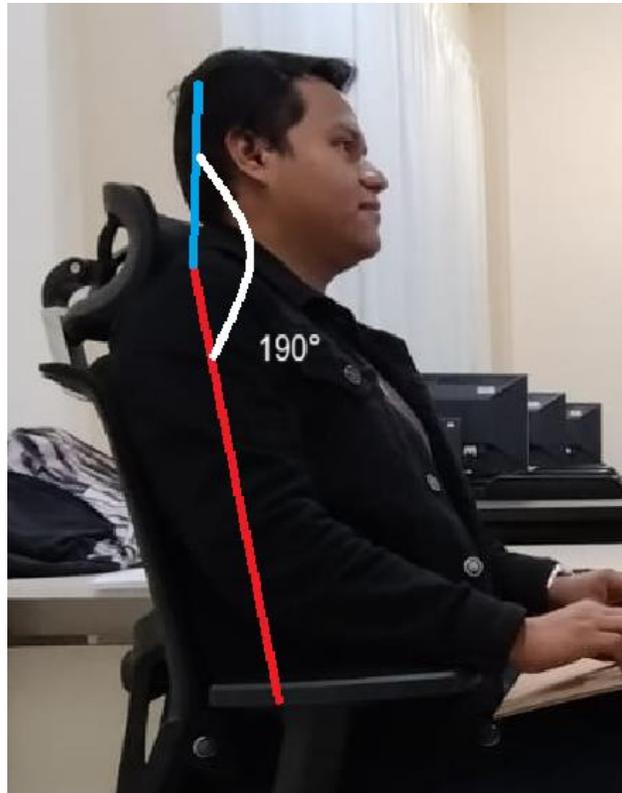


Tabla 55

Puntuación del Ángulo Entre Cuello y Tronco Durante el Modelado en la Propuesta

| Posición | Puntuación | Puntuación final de usuarios | | |
|------------------------------|------------|------------------------------|----|----|
| | | a) | b) | c) |
| Flexión entre 0° y 10° | 1 | x | x | x |
| Flexión > 10° y ≤20° | 2 | | | |
| Flexión > 20° | 3 | | | |
| Extensión en cualquier grado | 4 | | | |

Nota: El usuario no rota o inclina el cuello por lo que la puntuación final es de 1.

El segundo ángulo del grupo B es correspondiente al tronco como se muestra en la Figura 88.

Figura 88

Ángulo del Tronco Durante el Modelado en la Propuesta

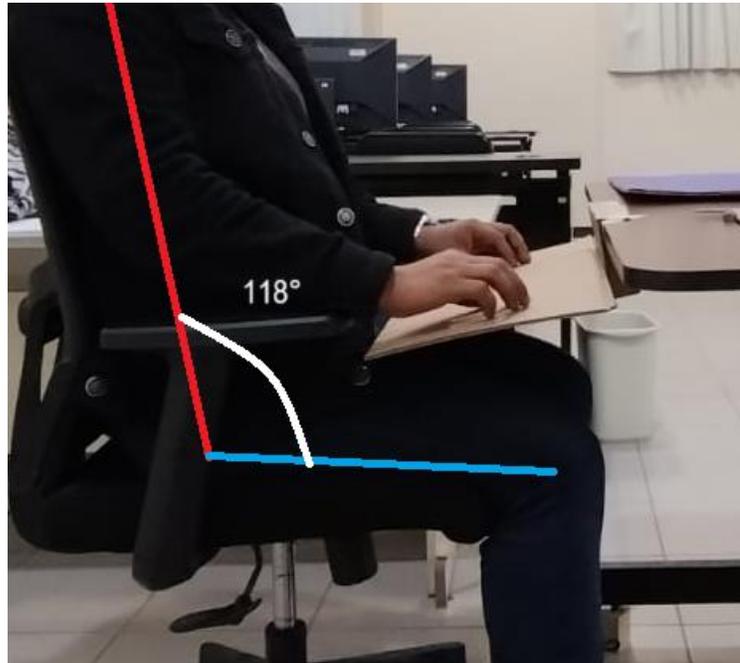


Tabla 56

Puntuación del Tronco Durante la Medición en la Propuesta

| Posición | Puntuación | Puntuación final | | |
|--|------------|------------------|----|----|
| | | a) | b) | c) |
| Sentado bien apoyado y con un ángulo de tronco-caderas $>90^\circ$ | 1 | x | x | x |
| Flexión entre 0° y 20° | 2 | | | |
| Flexión $>20^\circ$ y $\leq 60^\circ$ | 3 | | | |
| Flexión $>60^\circ$ | 4 | | | |

Nota: La puntuación del tronco no aumenta debido a que no se observa rotación o inclinación lateral, por lo que la puntuación final es de 1

Por último, se tiene la puntuación correspondiente a las piernas, la puntuación depende de si el usuario se encuentra sentado o de pie como se muestra en la Figura 89.

Figura 89

Posición de Piernas Durante el Modelado en la Propuesta



Tabla 57

Puntuación de Piernas Durante el Modelado

| Posición | Puntuación | Puntuación final | | |
|---|------------|------------------|----|----|
| | | a) | b) | c) |
| Sentado, con piernas y pies bien apoyados. | 1 | x | x | x |
| De pie con el peso simétricamente distribuido y espacio para cambiar de posición. | 1 | | | |
| Los pies no están apoyados o el peso no está simétricamente distribuido. | 2 | | | |

De acuerdo con la Tabla 57 la puntuación de las piernas es de 1.

La puntuación de ambos grupos es la siguiente:

Tabla 58

Puntuación Total de la Propuesta Durante el Modelado

| Parte del cuerpo | Puntuación de usuarios | | |
|------------------|------------------------|----|----|
| | a) | b) | c) |
| Brazo | 1 | 1 | 1 |
| Antebrazo | 1 | 1 | 1 |
| Muñeca | 1 | 1 | 1 |
| Giro de muñeca | 1 | 1 | 1 |
| Cuello | 1 | 1 | 1 |
| Tronco | 1 | 1 | 1 |
| Piernas | 1 | 1 | 1 |

De acuerdo con los datos obtenidos, se obtiene la puntuación final del grupo A cruzando las filas y columnas de los datos obtenidos como se muestra en la Tabla 59.

Tabla 59

Puntuación Final del Grupo A Durante el Modelado en la Propuesta

| | | Muñeca | | | | | | | |
|-------|-----------|----------------|---|----------------|---|----------------|---|----------------|---|
| | | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | |
| | | Giro de Muñeca | | Giro de Muñeca | | Giro de Muñeca | | Giro de Muñeca | |
| Brazo | Antebrazo | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 |
| | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| 2 | 1 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 |
| 3 | 1 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 |
| | 2 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 |
| | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 |
| 4 | 1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 |
| | 2 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 |
| | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 |
| 5 | 1 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 | 7 |
| | 2 | 5 | 6 | 6 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 |
| | 3 | 6 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 | 7 | 8 |
| 6 | 1 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 8 | 8 | 9 |
| | 2 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 9 | 9 | 9 |
| | 3 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 |

Nota: Se puede observar que la puntuación final del grupo A es de 1. Fuente: Mas y Jose, 2023.

La puntuación final del grupo B se obtiene como se muestra en la Tabla 60.

Tabla 60

Puntuación Final del Grupo B Durante el Modelado en la Propuesta

| | Tronco | | | | | | | | | | | |
|---|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | 6 | |
| | Cuello | Piernas |
| 1 | 1 | 3 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 | 6 | 6 | 7 | 7 |
| 2 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 | 5 | 5 | 6 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 |
| 4 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 8 | 8 |
| 5 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| 6 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 |

Nota: Se puede observar que la puntuación final es de 1. Fuente: Mas y Jose, 2023.

La puntuación del grupo A es de 1 y la del grupo B es de 1, tomando en cuenta que la postura se mantiene por más de un minuto, se suma 1 punto a cada puntuación, quedando en: Grupo A: 2 y Grupo B: 2.

Una vez se tienen las puntuaciones finales, se cambia el nombre de los grupos A y B, por grupos C y D respectivamente y se evalúan en la Tabla 61.

Tabla 61

Puntuación Final de la Postura Adoptada Durante el Modelado.

| Puntuación C | Puntuación D | | | | | | |
|--------------|--------------|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 |
| 2 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 |
| 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 |
| 4 | 3 | 3 | 3 | 4 | 5 | 6 | 6 |
| 5 | 4 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 7 |
| 6 | 4 | 4 | 5 | 6 | 6 | 7 | 7 |
| 7 | 5 | 5 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 |
| 8 | 5 | 5 | 6 | 7 | 7 | 7 | 7 |

Nota: La puntuación final es de 2 durante el modelado por lo que el riesgo es aceptable como se muestra en la Tabla 62. Fuente: Mas y Jose, 2023.

Tabla 62

Puntuación para Determinar la Necesidad del Rediseño de la Estación de Trabajo Propuesta Durante el Modelado

| Puntuación | Nivel | Actuación |
|-------------------|--------------|---------------------------------------|
| 1 o 2 | 1 | Riesgo aceptable |
| 3 o 4 | 2 | Pueden requerirse cambios |
| 5 o 6 | 3 | Requiere el rediseño de la tarea |
| 7 | 4 | Requiere cambios urgentes de la tarea |

Durante este apartado se realizó la evaluación ergonómica de la estación de trabajo mediante la aplicación del método RULA. Los resultados obtenidos han revelado de manera contundente aspectos positivos en cuanto a la ergonomía de la estación, respaldando la eficacia de las decisiones de diseño implementadas.

Se observa que las recomendaciones realizadas durante la fase de diseño, basadas en los antecedentes recopilados y en la retroalimentación de los usuarios, han contribuido significativamente a la ergonomía general de la estación. Los hallazgos indican que las posturas adoptadas durante las actividades relacionadas con el diseño y replicado de piezas mecánicas están alineadas con las recomendaciones ergonómicas, minimizando el riesgo de fatiga y posibles lesiones.

Estos resultados positivos respaldan la efectividad de la metodología implementada y refuerzan la idea de que una atención cuidadosa a los principios ergonómicos en la fase de diseño puede redundar en un entorno de trabajo más seguro y cómodo.

5.3 Resultado final

El diseño final considerando las modificaciones planteadas en el apartado correspondiente al de la evaluación ergonómica es el mostrado en la Figura 90, donde el cambio más perceptible es el correspondiente a la superficie de medición donde se colocaron rieles extra para sostener piezas con formas irregulares, los topes inferiores en la mesa se hicieron más pequeños y se pueden desplazar a lo largo de los rieles para que el usuario pueda colocar la pieza a la altura que más le convenga, además de que la inclinación máxima cambio de 40° a 50°. En el módulo 3 cerca del área donde se colocan las herramientas de dibujo, se colocó el apoyabrazos propuesto en el análisis ergonómico.

Figura 90

Isométrico de Propuesta Final



En lo que corresponde al módulo 1, se agregó una base por debajo del cajón de herramientas (Figura 91), para el caso en el que la pieza que se mide es grande y los topes se tengan que quitar, el usuario podrá colocarlos en dicha base.

Figura 91

Vista Lateral de Propuesta Final



5.4 Conclusión

En la culminación de este proyecto centrado en el diseño de una estación de trabajo especializada, se han abordado de manera integral los requerimientos ergonómicos, de los procesos y de los usuarios para desarrollar una propuesta que no solo se ajuste a las expectativas, sino que también optimice la eficiencia y el bienestar en el entorno laboral de los alumnos.

Durante la fase inicial, se llevó a cabo un análisis detallado para identificar los requerimientos ergonómicos necesarios para garantizar un entorno de trabajo cómodo y seguro. Se incorporaron las especificaciones derivadas de los procesos de diseño y replicado de piezas mecánicas, así como los requisitos específicos de los usuarios, creando una base sólida para el desarrollo de tres propuestas.

Las propuestas de diseño se formularon considerando la sinergia entre los requerimientos ergonómicos y las demandas funcionales de los procesos y usuarios. Enseguida se evaluaron las propuestas y se eligió la que diera solución a los requerimientos de la mejor manera

Al elegir la mejor propuesta se logró una integración efectiva de elementos ergonómicos, asegurando la adaptabilidad de la estación de trabajo a las diversas tareas ejecutadas en el contexto del diseño industrial.

La aplicación del método RULA para la evaluación ergonómica ha proporcionado resultados alentadores, confirmando que las decisiones de diseño han culminado en una disposición ergonómica óptima. Las posturas asociadas a las actividades laborales se ajustan a los principios ergonómicos, destacando la consideración cuidadosa de la comodidad y la salud de los usuarios.

La evaluación estática mediante el método de elementos finitos ha validado la robustez estructural de la estación de trabajo. Tensiones de Von Mises dentro de límites aceptables, desplazamientos mínimos y un factor de seguridad positivo indican que la estructura está bien equipada para resistir las cargas aplicadas, garantizando su integridad y estabilidad operativa.

La conjunción de las evaluaciones ergonómica y estática respalda la premisa fundamental de que una estación de trabajo diseñada con atención a los requerimientos específicos y a los principios ergonómicos puede alcanzar un equilibrio óptimo entre funcionalidad, confort y seguridad estructural. Estos

resultados positivos sugieren no solo un cumplimiento de los objetivos planteados inicialmente, sino también una contribución significativa a la calidad de la experiencia laboral y al rendimiento eficiente en el ámbito del diseño.

Referencias

ADIMRA. (1.^a Ed.). (2019). *Guía para una producción sustentable: sector metalmecánico*.
<https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/guia-metalmecanica.pdf>

Amazon. (2023). BONTEC Soporte Ergonómico para Reposabrazos para Escritorio, Reposabrazos, Soporte Giratorio para Reposamuñecas (Negro), Extensible y Ajustable, Material de Aluminio.
https://www.amazon.com.mx/BONTEC-Bontec-Reposabrazos-para-ordenador/dp/B09BVNR57C/ref=sr_1_4?__mk_es_MX=%C3%85M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&crd=36I2YFFONDA32&keywords=reposabrazos+escritorio&qid=1702662201&s=officeproduct&sprefix=reposa+brazos+escritorio%2Coffice-products%2C156&sr=1-4&ufe=app_do%3Aamzn1.fos.4e545b5e-1d45-498b-8193-a253464ffa47

Amazon. (2023). I SEATING Silla Oficina ejecutiva con cabecera y Soporte Lumbar Ajustable Silla Gamer sillas para Escritorio Silla ergonomica Caselli C. Amazon. https://www.amazon.com.mx/SEATING-ejecutiva-ajustable-escritorio-ergonomica/dp/B089QV97F1/ref=sr_1_6?keywords=silla%2Bergonomica%2Bescritorio&qid=1687320526&sprefix=silla%2Ber%2Caps%2C170&sr=8-6&ufe=app_do%3Aamzn1.fos.1225d84f-929a-457c-a028-a88c53f46041&th=1

Amazon. (2023). Yuejing - Rueda de engranaje de acero y metal de acero de 6 mm, 18 dientes, 45 dientes, módulo 1 engranaje de metal para motor. https://www.amazon.com.mx/Yuejing-Rueda-engranaje-dientesm%C3%B3dulo/dp/B099RBSSCM/ref=sr_1_112?__mk_es_MX=%C3%85M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&crd=MT53B34E2BE8&keywords=enrane&qid=1682300781&sprefix=enrane%2Caps%2C207&sr=8-112

Ávila, C. R., Prado, L. L. y Gonzales, M. E. (2007). Dimensiones antropométricas de la población latinoamericana. Universidad de Guadalajara, Centro universitario de Arte, Arquitectura y Diseño, *Segunda edición* (2), 85-91.

Ayuda de SOLIDWORKS. (2021). Análisis estático lineal. https://help.solidworks.com/2021/Spanish/SolidWorks/cworks/c_Linear_Static_Analysis.htm

Ayuda de SOLIDWORKS. (2022) Criterio de máxima tensión de Von Mises. https://help.solidworks.com/2022/spanish/solidworks/cworks/r_Maximum_von_Mises_Stress_Criterion.htm

CANACINTRA. (2017). *ESTUDIO PARA DETERMINAR LA COMPETITIVIDAD DE LA INDUSTRIA METALMECÁNICA DE LA CANACINTRA ENTREGABLE FINAL*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/189121/0014-F-11032015_Estudio_de_Competitividad_de_la_Industria_metalmeconica_Parte_1.pdf.

Campos, G. (2020). *Antología de la asignatura instrumentos de medición*. Instituto Politécnico Nacional.

Crea, A. (2021). Perfil ángulo - Perfiles comerciales de acero. Aceros Crea. <https://aceroscrea.com.mx/perfiles-comerciales/angulo/>

Díaz, F. (2008). *Metrología dimensional*. Facultad de estudios superiores Cuautitlán (Departamento de ingeniería). <https://docplayer.es/9471504-Facultad-de-estudios-superiores-cuautitlan.html>

Directindustry. (2023). Actuador Lineal. Directindustry. <https://www.directindustry.es/prod/kuroda-jena-tec-holdings-ltd/product-116313-1484253.html>

Federación de enseñanza de CC.OO. de Andalucía. (2011). Instrumentos de medición y verificación. *Temas para la educación (Revista digital para profesionales de la enseñanza)*, Doceavo (12). <https://www.feandalucia.ccoo.es/docu/p5sd7857.pdf>

Electrónica, E. (2023). Actuador Lineal 24 V - 200 mm. Electrónica Embajadores. <https://www.electronicaembajadores.com/es/Productos/Detalle/MMAC224/motores-servomotores-actuadores-lineales/actuadores-lineales-electricos/actuador-lineal-24-v-200-mm/>

Fernández, J., Muñoz, Y., & Zuno, J. (2019). *Manual de Practicas de: Medición en Instrumentación*: (1.a ed.).

Gebesa. (2022). Estaciones de trabajo ¿Qué es y cuáles son sus beneficios? <https://>

Groover, M.P. (2007). *Fundamentos de manufactura moderna* (3ed). McGraw-Hill Interamericana.

Hazarat, A., Katzuki, A., Kurokawa, S. y Sajima, T. (2013). Design of Mechanical Actuator in 3D CAD Software. *Elsevier*, 64, 473-478.

Hernández, R. (2001). *DESARROLLO DE UN ALGORITMO DE ASIGNACIÓN DE OPERACIONES TRADICIONALES DE CORTE CON DESPRENDIMIENTO DE VIRUTA BASADO EN EL SISTEMA DE CLASIFICACIÓN Y CODIFICACIÓN DE PIEZAS KK-3* [Tesis de pregrado, INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY CAMPUS ESTADO DE MÉXICO]. Archivo digital. <https://repositorio.tec.mx/handle/11285/628413>

Lara, I. y Hernández, Y. (2022) *El peso de la industria metalmecánica*. Ind. Somos industria. <https://www.somosindustria.com/articulo/el-peso-de-la-industria-metalmecanica/>

López, Bracamontes, García, Martínez, Luna, Delfín y Arrellano (2010). La ingeniería inversa como metodología para potenciar la enseñanza de la metrología. [Simposio]. *Simposio de metrología 2010. México, México*.

Mercado Libre. (2023). *Restirador Vidrio Templado 96x60 Con Banco Profesional*. Restirador Vidrio Templado 96x60 Con Banco Profesional | Meses sin intereses ([mercadolibre.com.mx](https://www.mercadolibre.com.mx))

Metalmoldes. (2022). *MECANIZADO MOLDES DE INYECCIÓN DE PLÁSTICO*. [Metalmoldes.com](https://metalmoldes.com). <https://metalmoldes.com/servicios/mecanizado-moldes-de-inyeccion-de-plastico/>

Montoya, M. (2013). "Algunas consideraciones sobre la integración de la ingeniería inversa, el cad y los prototipos rápidos". (Tesis de Maestría). Universidad Nacional Autónoma de México, Coordinación General de Estudios de Posgrado, UNAM. Recuperado de <https://repositorio.unam.mx/contenidos/3530200>

Mundial, M. (2023). ASTM A36 Acero Propiedades & ficha tecnica: FY, dureza, densidad. <https://www.materialmundial.com/acero-astm-a36-propiedades-ficha-tecnica-estructural/#:~:text=Densidad%20del%20acero%20A36%3A%207%2C85%20g%2Fcm3%20%28%2C284%20lb%2Fin,GPa%20%2829%2C%29%20ksi%29%20Relaci%C3%B3n%20de%20Poissons%3A%200%2C26>

Párragata, V.M. (2003). Diseño correcto de la estación de trabajo. *Industrial Data, Sexto volumen* (6),95-98.

Richard, G y Kith, J. (2008) *Diseño e ingeniería mecánica (9na ed.) McGraw-Hill.*

Salvador, J. (2005). *SISTEMA DE CODIFICACIÓN DE PIEZAS PARA LA PLANEACIÓN DE PROCESOS METALMECÁNICOS TRADICIONALES* [Tesis de pregrado, INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY CAMPUS ESTADO DE MÉXICO].
<https://repositorio.tec.mx/handle/11285/567303>

Sanz, M. J. (2005). *Manual de normas técnicas para el diseño ergonómico de puestos con pantallas de visualización* (2nd ed).
<https://www.insst.es/documents/94886/96076/Manual+de+normas+t%C3%A9cnicas+para+el+dise%C3%B1o+ergon%C3%B3mico+de+puestos+con+pantallas+de+visualizaci%C3%B3n.pdf/b4818262-f8ba-4ddd-9c49-9e7d6ea4ce62?t=1543110942922>

Ullman, D. (4 Ed.) (2009). *The Mechanical Design Process*. McGraw-hill

blog.gebesa.com/estaciones-de-trabajo

Ulrich D. y Eppinger S. (2013). *Diseño y desarrollo de productos* (5ta ed.). McGraw-Hill Interamericana de España S.L.

VYNMSA. (5 de julio de 2021). VYNMSA. CONSTRUCTION & DEVELOPMENT: THE METAL MECHANIC INDUSTRY: <https://www.vynmsa.com/blog/en/industry/metalmechanic-industry/>

Zerón, L. (2019). *¿Qué pasa en México con la industria metalmecánica?* SIDECO.
<https://blog.sideco.com.mx/que-pasa-en-mexico-con-la-industria-metalmecanica>

Anexo 1:

Formulario de entrevistas a profesores y técnicos afines al Laboratorio de Tecnología Avanzada de Manufactura

Con el objetivo de recabar información sobre la necesidad del tema planteado en esta investigación, se realizó un cuestionario a 9 profesores que imparten materias afines al Laboratorio de Tecnología Avanzada de Manufactura, primeramente, se les comentó cual fue la razón por la cual se decidió realizar esta investigación, cuáles eran los aspectos investigados sobre en el problema en la industria, se les dijo cuáles eran las actividades que se podrían desarrollar y enseguida se les hicieron las preguntas identificando principalmente las siguientes respuestas:

1. ¿Para usted es relevante el proyecto?

Si porque el Laboratorio lo ocupan muchas carreras y es necesario que los alumnos aprendan a desarrollar el trabajo.

2. ¿Ha necesitado diseñar, replicar y modelar alguna pieza mecánica?

Sí, cuando se desarrollan los diferentes proyectos de la institución.

3. ¿Cree que la escuela necesite una estación de trabajo enfocada al proceso de diseño, replicado y modelado de piezas mecánicas?

Sí, hace falta.

4. ¿Si respondió "Sí" quienes se verían beneficiados y por qué?

Los alumnos porque podrían adquirir conocimientos mediante la práctica.

5. ¿Considera necesario que los alumnos aprendan a desarrollar el proceso de diseño y replicado de manera analógica tomando en cuenta la tecnología actual?

Si porque nada asegura que cuando los alumnos egresen, entren a trabajar a una empresa que cuente con la tecnología, así que ellos deben de saber realizar las tareas sin esa tecnología.

6. ¿En la institución en donde usted estudió, contaban con una estación de trabajo similar?

No.

7. ¿Cree que la industria metalmecánica actual podrá verse beneficiada con la estación?

Depende mucho de las características de las empresas, pero puede ser que sí

8. De acuerdo con la información recabada y con la experiencia previa se identificó que las actividades que debe de realizar el diseñador son: Medición de distancias de formas geométricas base, medición de radios presentes, medición de ángulos, medición de profundidades, medición de las roscas, medición de alturas, anotación de datos, bocetado analógico, calibrado de instrumentos y modelado virtual.

¿Hay alguna otra que se lleve tenga que agregar?

Imprimir las piezas en 3D para que el alumno pueda conocer sus características.

Anexo 2

A continuación, se muestran las tablas de clasificación del sistema KK-3.

Figura 92

Estructura General del Sistema de Clasificación KK-3 de Piezas Rotacionales

| DÍGITO | COMPONENTES ROTACIONALES | | DÍGITO | COMPONENTES ROTACIONALES | | DÍGITO | COMPONENTES ROTACIONALES | |
|--------|---|-------------------------|--------|-------------------------------------|--------------------|--------|----------------------------|--|
| 1 | NOMBRE DEL COMPONENTE | CLASIFICACIÓN GENERAL | 8 | FORMA DETALLADA Y TIPOS DE PROCESOS | SUPERFICIE EXTERNA | 14 | SUPERFICIE INTERNA | FORMA INTERNA GENERAL |
| 2 | | CLASIFICACIÓN DETALLADA | 9 | | | 15 | | FORMA INTERNA CURVA |
| 3 | MATERIAL | CLASIFICACIÓN GENERAL | 10 | | | 16 | | SUPERFICIES INTERNAS PLANAS Y CÍCLICAS |
| 4 | | CLASIFICACIÓN DETALLADA | 11 | | | 17 | SUPERFICIE LATERAL | |
| 5 | DIMENSIONES PRINCIPALES | LONGITUD | 12 | | | 18 | PERFORACIÓN NO CONCÉNTRICA | PATRÓN DE PERFORACIONES |
| 6 | | DIÁMETRO | 13 | | | 19 | | PERFORACIONES ESPECIALES |
| 7 | FORMA PRIMARIA Y RELACIÓN ENTRE DIMENSIONES PRINCIPALES | | | | | | 20 | |
| | | | | | 21 | | EXACTITUD | |

Fuente: Hernández (2021)

Figura 93

Dígitos I y II (Clasificación por Nombre) de Piezas Rotacionales

| I \ II | | II | | | | | | | | | | I \ II | |
|--------------------------|---|---|---------------------------------------|---------------------------|------------------------|------------------------|--------------------|-----------------------|-------------------|------------------------------------|------------------------|--|--|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | | |
| COMPONENTES ROTACIONALES | 0 | Engranajes | Engranajes recto o helicoidal | Engranaje interno | Engranaje biselado | Engranaje hipoidal | cremallera | Engranaje roscado | Rueda dentada | Engranajes especiales | Contenedor redondo | Otros | Contenedores |
| | 1 | Ejes | Eje principal o porta-herramienta | Contra-eje | Gusano | Eje roscado | Bastón redondo | Ejes excéntricos | Ejes spline | Ejes cruzados, uniones y otros | columnas redondas | Cubiertas redondas y otros | Cuerpos |
| | 2 | Impulsor principal o partes en movimiento | Poleas | Embragues | Frenos | Impulsores | Pistones | Placas redondas | Otros | Bridas | Mandril | Sellos de formas múltiples y otros | Soportes |
| | 3 | Gulias | Mangas | Canal para rodamiento | Rodamiento | Rodillos | Cilindros | Otros | Discos | Placas | Levas | Otros | Partes de Control |
| | 4 | Partes fijas | Collares | Cajas o espaciadores | Pernos | Tomillos | Otros | Manivelas | Bobinas | Uniones | Cuerdas | Otros | Gulias aux. o partes en movimiento |

Fuente: Hernández (2021)

Figura 94

Dígitos III y IV (Clasificación por Material) de Piezas Rotacionales

| III \ IV | | IV | | | | | | | | | | | |
|----------|--|--|--|----------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|-------------------------|------------------------------------|---|---------------------------------|---------------------------------|-------|----|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | | |
| 0 | Hierro fundido | Hierro gris fundido <= FC25 | Hierro gris fundido <= FC30 | Gráfita Nodular C.I. (FCD) | Fa fundido maleable (FC-M,P,W) | Fa fundido templado | Fa fundido aleado | Acero al Carbón | Acero al Carbón aleado | Hierro sinterizado | Otros | | |
| 1 | Aceros ordinarios Duro B= 42 Kg/mm ² Con tratamiento | Sin tratamiento | Barra redonda | Barra cuadrada | Secciones | Tubos | Placa delgada | Placa Gruesa | Forja en frío | Forja en caliente | Soldada | Otras | |
| 2 | | Con tratamiento | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | |
| 3 | | Sin tratamiento | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si |
| 4 | | Con tratamiento | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si |
| 5 | Aceros con tratamiento superficial | Alta frec. eléctrica o Estructura endurecida Sin forja | Alta frec. eléctrica o Estructura endurecida Con forja | Carbonizado Sin forja | Carbonizado Con forja | Nitrurado Sin forja | Nitrurado Con forja | Otro tratamiento térmico Sin forja | Otro tratamiento térmico Con forja | Plasteado u otro T.T. sin forja | Plasteado u otro T.T. con forja | | |
| 6 | Otros aceros especiales Materiales p / htas. de corte | Acero inoxidable | Acero al Cromo | Acero al Cr, Ni, Mo | Acero con alta resist. a la temp. | Acero p/htas. al alto C | Acero aleado para htas. | Aceros de alta velocidad | Carburo sintenzado (Tugsteno, carburo, etc) | Cerámicos | Otros | | |
| 7 | Cobre y sus aleaciones | Bloques y barras de Cu | Placas de Cobre | Tubos de Cobre | Bloques y barras de Latón | placas de Latón | Tubos de Latón | Latón fundido | Bronce | Bronces especiales | Otros | | |
| 8 | Metales Ligeros | Bloques y barras de Al | Placas de Aluminio | Tubos de Aluminio | Aluminio fundido | bloques y barras de Duraluminio | Placas de Duraluminio | Tubos de Duraluminio | Duraluminio fundido | Aleaciones de Mg | Otros | | |
| 9 | Otros metales o no metales | Pb | Sb | Sn | Zn | Otros Metales | Bakelita | Nylon | FRP y plásticos | Madera y papel | Otros | | |

Fuente: Hernández (2021)

Figura 95

Dígitos V, VI y VII (Clasificación por Dimensiones Principales) de Piezas Rotacionales

| Columna | V | VI | VII | |
|----------|--------------------------------|------------------|--|--|
| Posición | Dimensiones principales (A>=B) | | Dimensiones principales Relación entre dimensiones principales (A,B,C) C= Espesor (mm), W= Peso (kg) | |
| | Largo A (mm) | Diámetro B (mm) | | |
| 0 | A <= 16 | B <= 16 | Componentes de pequeño y mediano tamaño W <= 20 Kg | Componentes cúbicos A/B <= 3, A/C <= 4 |
| 1 | 16 < A <= 50 | 16 < B <= 50 | | Componentes planos A/B <= 3, A/C <= 4 Componentes formados |
| 2 | 50 < A <= 100 | 50 < B <= 100 | | |
| 3 | 100 < A <= 160 | 100 < B <= 160 | | Componentes largos A/B > 3 Componentes formados |
| 4 | 160 < A <= 240 | 160 < B <= 240 | | |
| 5 | 240 < A <= 360 | 240 < B <= 360 | Combinación de formas | |
| 6 | 360 < A <= 600 | 360 < B <= 600 | Componentes de gran tamaño W > 20 Kg | Ligero 20 Kg < W <= 100 Kg |
| 7 | 600 < A <= 1000 | 600 < B <= 1000 | | Medio 100 Kg < W <= 250 Kg |
| 8 | 1000 < A <= 2000 | 1000 < B <= 2000 | | Pesado 250 Kg < W <= 1000 Kg |
| 9 | 2000 < A | 2000 < B | | Extra-pesado 1000 Kg < W |

Fuente: Hernández (2021)

Figura 96

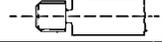
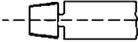
Dígito VIII (Superficie Externa, Forma Externa General) de Piezas Rotacionales

| | | | |
|---|---|--|------------------------------|
| 0 | | Sin perforación al centro | |
| 1 | Escalonada | Escalonada en un extremo o suave | disminución no funcional |
| | | Escalonada en ambos extremos o con cambios múltiples | Sin ranuras incluidas |
| 3 | Con disminución funcional plana | Escalonada en un extremo o suave | |
| | | Escalonada en ambos extremos o con cambios múltiples | |
| 5 | Con forma esférica | Escalonada en un extremo o suave | |
| 6 | | Escalonada en ambos extremos o con cambios múltiples | |
| 7 | Con varias curvas y formas rotacionales | Escalonada en un extremo o suave | |
| 8 | | Escalonada en ambos extremos o con cambios múltiples | |
| 9 | | Segmentada y otras | |

Fuente: Hernández (2021)

Figura 97

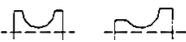
Digito IX (Superficie Externa General, Rosca Concéntrica) de Piezas Rotacionales

| | | | |
|---|-----------------------------|--|--|
| 0 | Ninguna |  | |
| 1 | Cilíndrica roscada | Con rosca uniforme |  |
| 2 | | Con rosca no uniforme |  |
| 3 | Con rosca en formas cónicas | |  |
| 4 | 1 + 2 | | |
| 5 | 1 + 3 | | |
| 6 | 2 + 3 | | |
| 7 | 1 + 2 + 3 | | |
| 8 | Otras roscas concéntricas | | |
| 9 | 1 - 3 + 8 | | |

Fuente: Hernández (2021)

Figura 98

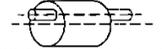
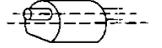
Digito X (Superficie Externa, Ranura Funcional) de Piezas Rotacionales

| | | | |
|---|--------------------------|--|--|
| 0 | Ninguna |  | |
| 1 | Ranura Angular |  | |
| 2 | Ranura generada |  | |
| 3 | Rolada |  | |
| 4 | 1 + 2 | | |
| 5 | 1 + 3 | | |
| 6 | 2 + 3 | | |
| 7 | 1 + 2 + 3 | | |
| 8 | Otras roscas funcionales | | |
| 9 | 1 - 7 + 8 | | |

Fuente: Hernández (2021)

Figura 99

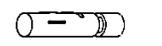
Digito XI (Superficie Externa, Forma Irregular) de Piezas Rotacionales

| | | |
|---|-----------------------------------|--|
| 0 | Ninguna |  |
| 1 | Excéntrica |  |
| 2 | Ramales |  |
| 3 | Sección transversal no cilíndrica |  |
| 4 | 1+2 | |
| 5 | 1+3 | |
| 6 | 2+3 | |
| 7 | 1+2+3 | |
| 8 | Otras formas irregulares | |
| 9 | 1-7+8 | |

Fuente: Hernández (2021)

Figura 100

Digito XII (Superficie Externa, Superficies Formadas) de Piezas Rotacionales

| | | |
|---|-------------------------------|--|
| 0 | Ninguna |  |
| 1 | Escalonada o con muesca |  |
| 2 | Huecos |  |
| 3 | Ranuras |  |
| 4 | 1+2 | |
| 5 | 1+3 | |
| 6 | 2+3 | |
| 7 | 1+2+3 | |
| 8 | Otras formas en la superficie | |
| 9 | 1-7+8 | |

Fuente: Hernández (2021)

Figura 101

Digito XIII (Superficie Externa, Superficies Cíclicas) de Piezas Rotacionales

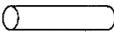
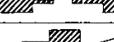
| | | |
|---|---------------------|--|
| 0 | Ninguna |  |
| 1 | Forma poligonal |  |
| 2 | Spline |  |
| 3 | Engrane circular |  |
| 4 | Engrane cónico |  |
| 5 | Engranes especiales |  |
| 6 | Engranes combinados |  |
| 7 | Cremallera |  |
| 8 | Placa indicadora |  |
| 9 | Otras | |

Fuente: Hernández (2021)

Figura 102

Digito XIV (Superficie Interna, Forma Interna General) de Piezas Rotacionales

COLUMNA XIV - SUPERFICIE INTERNA, FORMA INTERNA GENERAL

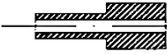
| | | | | |
|---|------------------------------|--------------------------|--|--|
| 0 | Sin perforaciones | |  | |
| 1 2 3 4 5 6 7 8 9 | Con perforación pasada | Sin cambios de diámetro |  | |
| | | Con cambios de diámetro | Sin ranuras funcionales |  |
| | | | Con ranuras funcionales |  Empaque |
| | Con perforación axial | Sin cambios de diámetro |  | |
| | | Escalonada en un extremo | Sin ranuras funcionales |  |
| | | | Con ranuras funcionales |  Empaque |
| | Escalonada en ambos Extremos | Sin cambios de diámetro |  | |
| | | Con cambios de diámetro | Sin ranuras funcionales |  |
| | | | Con ranuras funcionales |  Empaque |

Fuente: Hernández (2021)

Figura 103

Digito XV (Superficie Interna, Forma Interna Curva) de Piezas Rotacionales

COLUMNA XV - SUPERFICIE INTERNA, FORMA INTERNA CURVA

| | | |
|---|---|--|
| 0 | Ninguna o perforación cilíndrica |  |
| 1 | Con disminución rotacional funcional de la superficie curva |  |
| 2 | Superficies cilíndricas excéntricas |  |
| 3 | Con rosca |  |
| 4 | 1 + 2 | |
| 5 | 1 + 3 | |
| 6 | 2 + 3 | |
| 7 | 1 + 2 + 3 | |
| 8 | Otras superficies curvas internas | |
| 9 | 1 - 7 + 8 | |

Fuente: Hernández (2021)

Figura 104

Digito XVI (Sup. Interna, Superficies Internas Planas y Cíclicas) de Piezas Rotacionales

| | | |
|---|--|--|
| 0 | Ninguna |  |
| 1 | Ranuras |  El ranura plana libre |
| 2 | Superficie plana int. cíclica |  |
| 3 | Engranaje |  |
| 4 | 1 + 2 | |
| 5 | 1 + 3 | |
| 6 | 2 + 3 | |
| 7 | 1 + 2 + 3 | |
| 8 | Otras superficies planas y cíclicas internas | |
| 9 | 1 - 7 + 8 | |

Fuente: Hernández (2021)

Figura 105

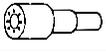
Digito XVII (Superficie Lateral) de Piezas Rotacionales

| | | |
|---|---------------------------------------|--|
| 0 | Plana |  |
| 1 | Superficie rotacional concéntrica |  |
| 2 | Escalonada/ranurada |  |
| 3 | Superficie curva Superficie cónica |  |
| 4 | 1 + 2 | |
| 5 | 1 + 3 | |
| 6 | 2 + 3 | |
| 7 | 1 + 2 + 3 | |
| 8 | Otras superficies laterales | |
| 9 | 1- 7 + 8 | |

Fuente: Hernández (2021)

Figura 106

Digito XVIII (Perforaciones No Concéntricas, Patrón de Perforaciones) de Piezas Rotacionales

| | | |
|---|---------------------------------|--|
| 0 | Ninguno |  |
| 1 | Perforación Axial |  |
| 2 | Perforación radial | Sobre una línea base  |
| 3 | | Sobre una circunferencia  |
| 4 | 1 + 2 | |
| 5 | 1 + 3 | |
| 6 | 2 + 3 | |
| 7 | 1 + 2 + 3 | |
| 8 | Otros arreglos de perforaciones | |
| 9 | 1- 7 + 8 | |

Fuente: Hernández (2021)

Figura 107

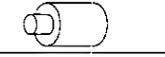
Digito XIX (Perforaciones no Concéntricas, Perforaciones Especiales) de Piezas Rotacionales

| | | |
|---|--------------------------------------|--|
| 0 | Ninguna |  |
| 1 | sumideros o perforaciones con roscas |  |
| 2 | Perforación profunda |  |
| 3 | Perforaciones con forma extraña |  |
| 4 | 1 + 2 | |
| 5 | 1 + 3 | |
| 6 | 2 + 3 | |
| 7 | 1 + 2 + 3 | |
| 8 | Otras perforaciones especiales | |
| 9 | 1-7 + 8 | |

Fuente: Hernández (2021)

Figura 108

Digito XX (Procesos de Desprendimiento de Viruta) de Piezas Rotacionales

| | | |
|---|---|--|
| 0 | Ninguna | |
| 1 | Doblado |  |
| 2 | Formado plástico (láminado, extrusión, prensado, etc.) |  |
| 3 | Soldadura |  |
| 4 | 1 + 2 | |
| 5 | 1 + 3 | |
| 6 | 2 + 3 | |
| 7 | 1 + 2 + 3 | |
| 8 | Otros procesos | |
| 9 | 1-7 + 8 | |

Fuente: Hernández (2021)

Figura 109

Digito XXI (Exactitud) de Piezas Rotacionales

| | | |
|---|--------|--|
| 0 | | Sin exactitud especificada |
| 1 | | Superficies internas y/o externas |
| 2 | Corte | Superficies planas |
| 3 | | 1 + 2 |
| 4 | | Superficies internas y/o externas |
| 5 | Pulido | Superficies planas |
| 6 | | 4 + 5 |
| 7 | | Gran exactitud Superficie con acabado a mano |
| 8 | | Gran exactitud Superficie con acabado mediante mecanizado especial |
| 9 | | Gran exactitud Posicionamiento y otros |

Fuente: Hernández (2021)

Figura 110

Estructura General del Sistema de Clasificación KK-3 para Piezas no Rotacionales

| DÍGITO | COMPONENTES NO ROTACIONALES | | DÍGITO | COMPONENTES NO ROTACIONALES | | DÍGITO | COMPONENTES NO ROTACIONALES | |
|--------|---|-------------------------|--------|-----------------------------|----------------------------------|--------|---|--------------------------|
| 1 | NOMBRE DEL COMPONENTE | CLASIFICACIÓN GENERAL | 8 | TIPO DE FORMA | DIRECCIÓN DE DOBLADO | 16 | OTRAS SUPERFICIES INTERNAS | |
| | | CLASIFICACIÓN DETALLADA | | | 9 | | ÁNGULO DE DOBLADO | 17 |
| 3 | MATERIAL | CLASIFICACIÓN GENERAL | 10 | SUPERFICIE EXTERNA | SUPERFICIE PLANA EXTERNA | 18 | FORMA GEOMÉTRICA Y TIPOS DE PROCESOS PERFORACIONES AUXILIARES | FORMA |
| | | CLASIFICACIÓN DETALLADA | | | 11 | | | SUPERFICIE CURVA EXTERNA |
| 5 | DIMENSIONES PRINCIPALES | LARGO | 12 | SUPERFICIE EXTERNA | FORMA PRINCIPAL DE LA SUPERFICIE | 20 | PROCESOS SIN DESPRENDIMIENTO DE VIRUTA | |
| | | ANCHO | | | 13 | | SUPERFICIES AUXILIARES Y CÍCLICAS | 21 |
| 7 | FORMA PRIMARIA Y RELACIÓN ENTRE DIMENSIONES PRINCIPALES | | 14 | PERFORACIÓN PRINCIPAL | DIRECCIÓN Y ESCALONAMIENTO | 15 | | |
| | | | | | ROSCAS Y OTRAS SUPERFICIES | | | |

Fuente: Hernández (2021)

Figura 111

Dígitos I y II (Clasificación por Nombre) de Piezas NO Rotacionales

| | | II | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|---|--|--|-----------------------------|---------------|---|-----------------------------------|----------|-------------------|--------------|-----------|-------|---------------------------------------|--|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | I | | |
| COMPONENTES NO ROTACIONALES | 5 | Partes/p fijación | Cubiertas | Formas triangulares | Placas | Pijas | Otros | Palancas | Uniones cuadradas | Ductos | Tornillos | Otros | Transmns. auxiliares o partes en mov. | |
| | 6 | Guías | Formas triangulares p/guía superficies | Rieles | Gusanos | Rodamiento metálico p/ movimiento recto | Perros | Tapones | Clavos | Extensión | Levas | Otros | Partes de control | |
| | 7 | Transmns. principales o partes en mov. | Soporte | Placas cuadradas | Otros | Soporte tipo "L" | Soporte/marco | Bloques | Apoyos | Trunnión | | Otros | Soportes | |
| | 8 | Ejes y Barras | Ejes cuadrados y rectilíneos. | Barras cuadradas y otros | Piezas hembra | Protectores | Chasis | Columnas | Camas | Bases | | Otros | Cuerpos | |
| | 9 | Engranajes | Cremallera | Engrane no circular y otros | Contenedor | Tanques de gasolina | Tubería p/ conductores eléctricos | Tubería | Válvulas | Contra-pesos | | Otros | Contenedores y otros | |

Fuente: Hernández (2021)

Figura 112

Dígitos III y IV (Clasificación por Material) de Piezas NO Rotacionales

| III \ IV | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
|----------|--|--|--|-------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|-------------------------|------------------------------------|---|-------------------------------|-------------------------------|
| 0 | Hierro fundido | Hierro gris fundido ≤ FC25 | Hierro gris fundido ≤ FC30 | Gránito Nodular C.I. (FCB) | Fe fundido maleable (FC-M,P,W) | Fe fundido templado | Fe fundido aleado | Acero al Carbon | Acero al Carbon aleado | Hierro sinterizado | Otros |
| 1 | Sin Tratamiento | Barra redonda | Barra cuadrada | Secciones | Tubos | Placa delgada | Placa Gruesa | Forja en frío | Forja en caliente | Soldada | Otros |
| 2 | Con Tratamiento | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si |
| 3 | Sin Tratamiento | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si |
| 4 | Con Tratamiento | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si |
| 5 | Aceros ordinarios Duro B=42 Kg/mm ² | Alta frec. eléctrica o Estructura endurecida Sin forja | Alta frec. eléctrica o Estructura endurecida Con forja | Carbonizado Sin forja | Carbonizado Con forja | Nitrurado Sin forja | Nitrurado Con forja | Otro tratamiento térmico Sin forja | Otro tratamiento térmico Con forja | Pletado u otro T.T. sin forja | Pletado u otro T.T. con forja |
| 6 | Otros aceros especiales Materiales p / hzas. de corte | Acero inoxidable | Acero al Cromo | Acero al Cr, Ni, Mo | Acero con alta resist. a la temp. | Acero p/hzas. al alto C | Acero aleado para htas. | Aceros de alta velocidad | Carburo aluminizado (Tungsteno, carburo, etc) | Cerámicos | Otros |
| 7 | Cobre y sus aleaciones | Bloques y barras de Cu | Piezas de Cobre | Tubos de Cobre | Bloques y barras de Latón | placas de Latón | Tubos de Latón | Latón fundido | Bronce | Bronces especiales | Otros |
| 8 | Metales Ligeros | Bloques y barras de Al | Piezas de Aluminio | Tubos de Aluminio | Aluminio fundido | bloques y barras de Duraluminio | Placas de Duraluminio | Tubos de Duraluminio | Duraluminio fundido | Aleaciones de Mg | Otros |
| 9 | Otros metales o no metales | Pb | Sb | Sn | Zn | Otros Metales | Bakelita | Nylon | FRP y plásticos | Madera y papel | Otros |

Fuente: Hernández (2021)

Figura 113

Dígitos V, VI, VII (Dimensiones Principales) de Piezas NO Rotacionales

| Columna | V | VI | VII | |
|----------|--------------------------------|-----------------|--|--|
| Posición | Dimensiones principales (A>=B) | | Dimensiones principales Relación entre dimensiones principales (A,B,C) C= Espesor (mm), W= Peso (kg) | |
| | Largo A (mm) | Ancho B (mm) | | |
| 0 | A ≤ 16 | B ≤ 16 | Componentes de pequeño y mediano tamaño W ≤ 20 Kg | Componentes cúbicos A/B ≤ 3, A/C ≤ 4 |
| 1 | 16 < A ≤ 50 | 16 < B ≤ 50 | | Componentes planos A/B ≤ 3, A/C ≤ 4 |
| 2 | 50 < A ≤ 100 | 50 < B ≤ 100 | | Componentes formados A/B > 3 |
| 3 | 100 < A ≤ 160 | 100 < B ≤ 160 | | Componentes largos Componentes formados |
| 4 | 160 < A ≤ 240 | 160 < B ≤ 240 | | Combinación de formas |
| 5 | 240 < A ≤ 360 | 240 < B ≤ 360 | Componentes de gran tamaño W > 20 Kg | Ligero 20 Kg < W ≤ 100 Kg |
| 6 | 360 < A ≤ 600 | 360 < B ≤ 600 | | Medio 100 Kg < W ≤ 250 Kg |
| 7 | 600 < A ≤ 1000 | 600 < B ≤ 1000 | | Pesado 250 Kg < W ≤ 1000 Kg |
| 8 | 1000 < A ≤ 2000 | 1000 < B ≤ 2000 | | Extra-pesado 1000 Kg < W |
| 9 | 2000 < A | 2000 < B | | |

Fuente: Hernández (2021)

Figura 114

Dígitos VIII y IX (Tipo de Forma, Dirección y Ángulo de Doblado) de Piezas NO Rotacionales

| | | VIII | IX | |
|---|----------------------|-----------------|--------------|--|
| 0 | | Ninguna | Ninguna | |
| 1 | Simple | Dobles simple | $< 90^\circ$ | |
| | | Dobles especial | $= 90^\circ$ | |
| 2 | En un mismo plano | Dobles simple | $> 90^\circ$ | |
| 3 | | Dobles especial | 1+2 | |
| 4 | | Dobles especial | 1+2 | |
| 5 | Complejo | 3+4 | 1+3 | |
| 6 | | Dobles simple | 2+3 | |
| 7 | En diferentes planos | Dobles especial | 1+2+3 | |
| 8 | | 6+7 | | |
| 9 | | | | |

Fuente: Hernández (2021)

Figura 115

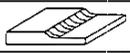
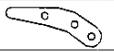
Dígito X (Superficie Externa, Superficie Plana Externa) de Piezas NO Rotacionales

| | | | |
|---|--|-------------------------|--|
| 0 | Ninguna | | |
| 1 | Un lado con superficie plana | | |
| 2 | Superficies planas paralelas | Un lado escalonado | |
| 3 | | Ambos lados escalonados | |
| 4 | Superficies planas escalonadas a 90° | | |
| 5 | Superficies planas escalonadas a un determinado ángulo | | |
| 6 | 2+3+4 | | |
| 7 | 2+3+5 | | |
| 8 | 4+5 | | |
| 9 | 2+3+4+5 | | |

Fuente: Hernández (2021)

Figura 116

Dígito XI (Superficie Externa, Superficie Curva Externa) de Piezas NO Rotacionales

| | | |
|---|---|--|
| 0 | Ninguna |  |
| 1 | Mecanizado rotacional |  |
| 2 | Mecanizado No rotacional (curva única) |  |
| 3 | Mecanizado No rotacional (múltiples curvas) |  |
| 4 | 1+2 | |
| 5 | 1+3 | |
| 6 | 2+3 | |
| 7 | 1+2+3 | |
| 8 | | |
| 9 | | |

Fuente: Hernández (2021)

Figura 117

Dígito XII (Sup. Externa, Forma Principal de la Superficie Externa) de Piezas NO Rotacionales

| | | | |
|---|-------------------|--|--|
| 0 | Ninguna |  | |
| 1 | Forma lineal | Ranuras de posicionamiento o guías |  |
| | | Protuberancias posicionamiento o guías |  |
| 3 | Forma rotacional | Ranuras de posicionamiento o guías |  |
| | | Protuberancias posicionamiento o guías |  |
| 5 | 1+3 | | |
| 6 | 3+4 | | |
| 7 | 1 y/o 2 + 3 y/o 4 | | |
| 8 | | | |
| 9 | | | |

Fuente: Hernández (2021)

Figura 118

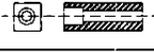
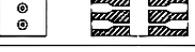
Dígito XIII (Superficies Externas Cíclicas y Auxiliares) de Piezas NO Rotacionales

| | | |
|---|------------------|--|
| 0 | Ninguna |  |
| 1 | Superficie hueca |  |
| 2 | Ranuras |  |
| 3 | Engranajes |  |
| 4 | 1 + 2 | |
| 5 | 1 + 3 | |
| 6 | 2 + 3 | |
| 7 | 1 + 2 + 3 | |
| 8 | Otros | |
| 9 | 1-7 + 8 | |

Fuente: Hernández (2021)

Figura 119

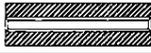
Dígito XIV (Perforación Principal, Dirección y Escalonamiento) de Piezas NO Rotacionales

| | | | |
|---|----------------------------------|--|--|
| 0 | Sin perforación principal |  | |
| 1 | Una sola perforación | Recta con un lado escalonado |  |
| | | Con varios lados escalonados |  |
| 3 | Escalonada en un extremo | Paralelos |  |
| | | A un ángulo de 90° |  |
| | | 3 + 4 |  |
| 6 | Más de una perforación principal | Paralelos |  |
| | | A un ángulo de 90° |  |
| 8 | Escalonada en ambos Extremos | 6 + 7 |  |
| | | Con ejes en direcciones que forman un ángulo |  |

Fuente: Hernández (2021)

Figura 120

Dígito XV (Perforación Principal, Roscas y Otras Superficies) de Piezas NO Rotacionales

| | | |
|---|---|--|
| 0 | Sin perforación principal o perforación principal recta |  |
| 1 | Roscada |  |
| 2 | Ranuras circulares |  |
| 3 | Ranuras axiales |  |
| 4 | 1 + 2 | |
| 5 | 1 + 3 | |
| 6 | 2 + 3 | |
| 7 | 1 + 2 + 3 | |
| 8 | Otras | |
| 9 | 1 - 7 + 8 | |

Fuente: Hernández (2021)

Figura 121

Dígito XVI (Otras Superficies Internas Diferentes a la Perforación Principal) de Piezas NO Rotacionales

| | | |
|---|-----------------------|--|
| 0 | Ninguna | |
| 1 | Superficie plana |  |
| 2 | Superficie cilíndrica |  |
| 3 | Otras superficies |  |
| 4 | 1 + 2 | |
| 5 | 1 + 3 | |
| 6 | 2 + 3 | |
| 7 | 1 + 2 + 3 | |
| 8 | | |
| 9 | | |

Fuente: Hernández (2021)

Figura 122

Dígito XVII (Perforaciones Auxiliares / Dirección) de Piezas NO Rotacionales

| | | | |
|---|---|-------------------------|--|
| 0 | Sin perforación auxiliar | | |
| 1 | Una dirección | Espaciamiento Irregular | |
| | | Espaciamiento regular | |
| 3 | En ambos lados con direcciones opuestas | | |
| 4 | En ángulo recto con dos direcciones | | |
| 5 | En ángulo recto con tres direcciones | | |
| 6 | (1-3) + dirección angular | | |
| 7 | (4) + dirección angular | | |
| 8 | (5) + dirección angular | | |
| 9 | | | |

Fuente: Hernández (2021)

Figura 123

Dígito XVIII (Perforaciones Auxiliares, Forma) de Piezas NO Rotacionales

| | | |
|---|---|--|
| 0 | Sin perforación auxiliar o perforaciones rectas | |
| 1 | Perforaciones escalonadas | |
| 2 | Perforaciones roscadas | |
| 3 | Perforaciones con cambio de diámetro constante | |
| 4 | 1 + 2 | |
| 5 | 1 + 3 | |
| 6 | 2 + 3 | |
| 7 | 1 + 2 + 3 | |
| 8 | Otras | |
| 9 | 1-7 + 8 | |

Fuente: Hernández (2021)

Figura 124

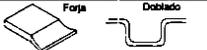
Dígito XIX (Perforación Auxiliar, Perforaciones Especiales) de Piezas NO Rotacionales

| | | |
|---|---|--|
| 0 | Sin perforación especial | |
| 1 | Perforación localizada con alta precisión |  |
| 2 | Perforación profunda |  |
| 3 | Perforación con forma irregular |  |
| 4 | 1 + 2 | |
| 5 | 1 + 3 | |
| 6 | 2 + 3 | |
| 7 | 1 + 2 + 3 | |
| 8 | Otros | |
| 9 | 1- 7 + 8 | |

Fuente: Hernández (2021)

Figura 125

Dígito XX (Procesos sin Desprendimiento de Viruta) de Piezas NO Rotacionales

| | | |
|---|---------------------|--|
| 0 | Ninguna | |
| 1 | Mecanizado especial |  |
| 2 | Formado plástico |  |
| 3 | Soldadura |  |
| 4 | 1 + 2 | |
| 5 | 1 + 3 | |
| 6 | 2 + 3 | |
| 7 | 1 + 2 + 3 | |
| 8 | Otros procesos | |
| 9 | 1- 7 + 8 | |

Fuente: Hernández (2021)

Figura 126

Digito XXI (Exactitud) de Piezas NO Rotacionales

| | | |
|---|--------|---|
| 0 | | Sin exactitud especificada |
| 1 | Corte | Superficies internas y/o externas |
| 2 | | Superficies planas |
| 3 | | 1 + 2 |
| 4 | Pulido | Superficies internas y/o externas |
| 5 | | Superficies planas |
| 6 | | 4 + 5 |
| 7 | | Gran exactitud Superficie con acabado Acabado a mano |
| 8 | | Gran exactitud Superficie con acabado por mecanizado especial |
| 9 | | Gran exactitud Posicionamiento y otros |

Fuente: Hernández (2021)

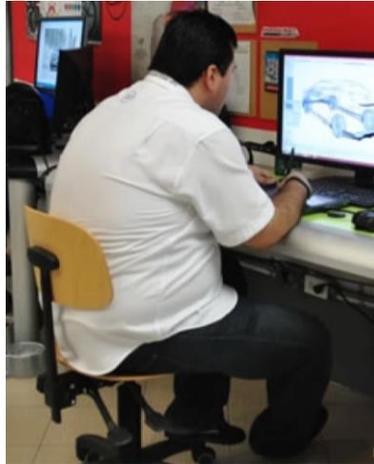
Anexo 3.

Análisis RULA de estaciones de trabajo presentes en la industria y en la institución

Análisis de La Estación de trabajo usada en Air Design:

Figura 127

Postura Adoptada en la Estación de Trabajo de Air Design de la Estación Ocupada en Air Design



Nota: Se puede observar la postura adoptada por el usuario mientras utiliza la estación de trabajo.

Fuente: Rodríguez (2014)

Primer paso: Seleccionar las posturas que se evaluarán.

La postura seleccionada es la observada en la figura 6.

Segundo paso: Determinar el lado del cuerpo a evaluar.

Se evaluará el lado derecho del cuerpo debido a que es el más visible.

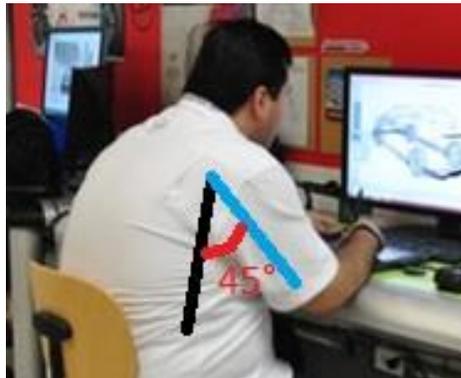
Tercer paso: Tomar datos angulares requeridos:

Evaluación del grupo A.

Puntuación del brazo: Se puntúa de acuerdo con el ángulo formado entre el tronco y el brazo.

Figura 128

Ángulo del Brazo de la Estación Ocupada en Air Design



Nota: El ángulo adoptado es de aproximadamente 45°. Fuente: Rodríguez (2014)

De acuerdo con la siguiente tabla se asigna una puntuación

Tabla 63

Ángulo del Brazo de la Estación Ocupada en Air Design

| Ángulo | Puntuación | Puntuación final |
|---|------------|------------------|
| Desde 20° de extensión, hasta 20° de flexión | 1 | |
| Extensión >20° o flexión >20° y <45° | 2 | X |
| Flexión >45° y 90° | 3 | |
| Flexión >90° | 4 | |

La puntuación base del brazo es de 2, ya que existe elevación del hombro se le aumenta un punto y porque tiene un punto de apoyo en el antebrazo se le disminuye 1 punto, quedando la puntuación final en 2.

El segundo ángulo por medir es del antebrazo, medido por el eje del brazo y del antebrazo.

Figura 129

Ángulo del Antebrazo de la Estación Ocupada en Air Design



Nota: El ángulo del antebrazo es aproximadamente de 91° Fuente: Rodríguez (2014)

Tabla 64

Ángulo del Antebrazo de la Estación Ocupada en Air Design

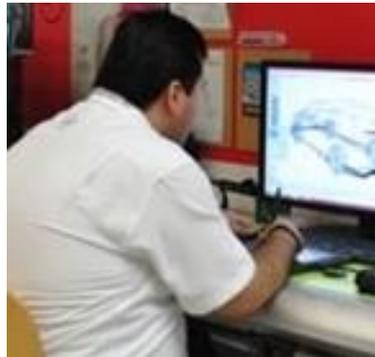
| Ángulo | Puntuación | Puntuación final |
|--------------------------|------------|------------------|
| Flexión entre 60° y 100° | 1 | X |
| Flexión <60° o >100° | 2 | |

La puntuación del antebrazo es de 1, en este caso no se realizan modificaciones a la puntuación, pues el antebrazo no parece cruzar la línea media del cuerpo.

El tercer ángulo por medir es el de la muñeca, se mide de acuerdo con la flexión de esta.

Figura 130

Ángulo de la Muñeca de la Estación Ocupada en Air Design



Nota: La muñeca parece estar en una posición neutral y levemente se aprecia una desviación radial. Fuente: Rodríguez (2014)

Tabla 65

Ángulo de la Muñeca de la Estación Ocupada en Air Design

| Posición | Puntuación | Puntuación final |
|------------------------------------|------------|------------------|
| Posición neutra | 1 | X |
| Flexión o extensión > 0° y <15° | 2 | |
| Flexión o extensión > 15° | 3 | |

La puntuación es de 1, pero se añade 1 punto por la desviación radial, por lo que la puntuación termina en 2.

Se mide la pronación o supinación de la muñeca, en este caso es media por lo que la puntuación es de 1.

Evaluación del grupo B.

El primer ángulo para evaluar del grupo es el del cuello.

Figura 131

Ángulo del Cuello de la Estación Ocupada en Air Design



Nota: El cuello adquiere un ángulo aproximado de 20° al adoptar la postura observada. Fuente:

Rodríguez (2014)

Tabla 66

Ángulo del Cuello de la Estación Ocupada en Air Design

| Posición | Puntuación | Puntuación final |
|------------------------------|------------|------------------|
| Flexión entre 0° y 10° | 1 | |
| Flexión > 10° y ≤20° | 2 | X |
| Flexión > 20° | 3 | |
| Extensión en cualquier grado | 4 | |

El usuario parece no rotar o inclinar su cuello por lo que la puntuación final es de 2.

El siguiente ángulo por medir es el de la inclinación del tronco.

Figura 132

Ángulo del Tronco Respecto a la Vertical de la Estación ocupada en Air Design



Nota: El tronco adquiere un ángulo de aproximadamente 34°. Fuente: Rodríguez (2014)

Tabla 67

Ángulo del Tronco de la Estación Ocupada en Air Design

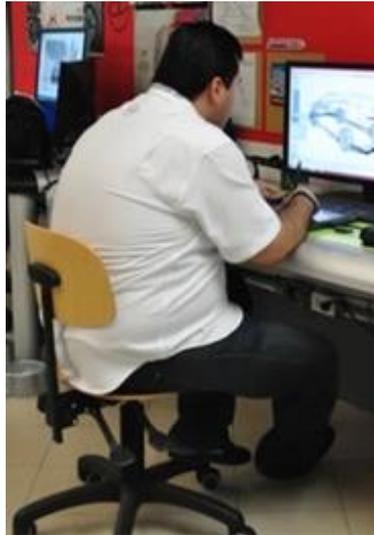
| Posición | Puntuación | Puntuación final |
|---|------------|------------------|
| Sentado bien apoyado y con un ángulo de tronco-caderas >90° | 1 | |
| Flexión entre 0° y 20° | 2 | |
| Flexión >20° y ≤60° | 3 | X |
| Flexión >60° | 4 | |

La puntuación del tronco no aumenta debido a que no se observa rotación o inclinación lateral, por lo que la puntuación final es de 3.

Por último, se puntúan las piernas, la puntuación se obtiene a partir de la distribución del peso entre ellas, los apoyos existentes y si la posición es sedente.

Figura 133

Puntuación de las Piernas de la Estación Ocupada en Air Design



Nota: Se observa que el usuario no tiene las piernas bien apoyadas sobre el suelo. Fuente:

Rodríguez (2014)

Tabla 68

Puntuación de las Piernas de la Estación Ocupada en Air Design

| Posición | Puntuación | Puntuación final |
|---|-------------------|-------------------------|
| Sentado, con piernas y pies bien apoyados. | 1 | |
| De pie con el peso simétricamente distribuido y espacio para cambiar de posición. | 1 | |
| Los pies no están apoyados o el peso no está simétricamente distribuido. | 2 | X |

La puntuación obtenida es la siguiente:

Tabla 69

Puntuación Total de la Estación Ocupada en Air Design

| Parte del cuerpo | Puntuación |
|------------------|------------|
| Brazo | 2 |
| Antebrazo | 1 |
| Muñeca | 2 |
| Giro de muñeca | 1 |
| Cuello | 2 |
| Tronco | 3 |
| Piernas | 2 |

De acuerdo con los datos obtenidos, se obtiene la puntuación final cruzando las filas y columnas de los datos obtenidos.

Tabla 70

Tabla de Puntuación del Grupo A

| | | Muñeca | | | | | | | |
|-------|-----------|----------------|---|----------------|---|----------------|---|----------------|---|
| | | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | |
| | | Giro de Muñeca | | Giro de Muñeca | | Giro de Muñeca | | Giro de Muñeca | |
| Brazo | Antebrazo | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 |
| | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| 2 | 1 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 |
| 3 | 1 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 |
| | 2 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 |
| | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 |
| 4 | 1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 |
| | 2 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 |
| | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 |
| 5 | 1 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 | 7 |
| | 2 | 5 | 6 | 6 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 |
| | 3 | 6 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 | 7 | 8 |

Nota: Se puede observar que la puntuación final del grupo A fue de 3. Fuente: Mas y Jose, 2023.

Tabla 71

Puntuación del Grupo B

| Cuello | Tronco | | | | | | | | | | | |
|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | 6 | |
| | Piernas |
| 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| 2 | 1 | 3 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 | 6 | 6 | 7 | 7 |
| 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 | 6 | 7 | 7 | 7 |
| 4 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 |
| 5 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 | 7 | 8 | 8 | 8 |
| 6 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| 6 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 |

Nota: Se puede observar que la puntuación final fue de 5. Fuente: Mas y Jose, 2023.

La puntuación del grupo A es de 3 y la del grupo B es de 5, tomando en cuenta que la postura se mantiene por más de un minuto, se suma 1 punto a cada puntuación, quedando en: Grupo A: 4 y Grupo B: 6.

Una vez se tienen las puntuaciones finales, se cambia el nombre de los grupos A y B, por grupos C y D respectivamente y se evalúan en la Tabla 72.

Tabla 72

Puntuación final de la estación de trabajo ocupada de Air Design

| Puntuación C | Puntuación D | | | | | | |
|--------------|--------------|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 |
| 2 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 |
| 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 |
| 4 | 3 | 3 | 3 | 4 | 5 | 6 | 6 |
| 5 | 4 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 7 |
| 6 | 4 | 4 | 5 | 6 | 6 | 7 | 7 |
| 7 | 5 | 5 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 |
| 8 | 5 | 5 | 6 | 7 | 7 | 7 | 7 |

Nota: Se puede observar que la puntuación final es de 6 lo cual indica que es necesario el rediseño de la estación, como se observa en la siguiente tabla. Fuente: Mas y Jose, 2023.

Tabla 73

Puntuación para determinar la necesidad del rediseño de la estación de trabajo usada en la empresa Air Design

| Puntuación | Nivel | Actuación |
|------------|-------|---------------------------------------|
| 1 o 2 | 1 | Riesgo aceptable |
| 3 o 4 | 2 | Pueden requerirse cambios |
| 5 o 6 | 3 | Requiere el rediseño de la tarea |
| 7 | 4 | Requiere cambios urgentes de la tarea |

A continuación, se muestran los datos obtenidos de acuerdo con la estación ocupada en la Universidad Tecnológica de la Mixteca, siguiendo los pasos que se presentaron en el caso anterior.

La postura que se evaluó es la adoptada en la actividad de medición en donde se evaluó el lado izquierdo del cuerpo.

Figura 134

Postura Adoptada Durante la Medición en la Estación del Laboratorio de Tecnología Avanzada de Manufactura.



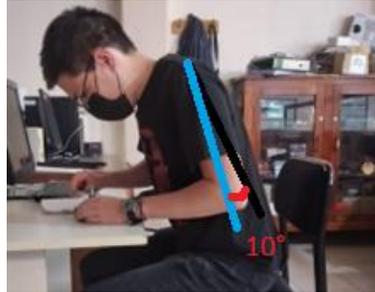
Nota: Se observa al usuario ocupar un calibrador para medir un engrane.

Evaluación del grupo A.

Puntuación del brazo: Se puntúa de acuerdo con el ángulo formado entre el tronco y el brazo.

Figura 135

Ángulo del Brazo en la Estación del Laboratorio de Tecnología Avanzada de Manufactura



Nota: El ángulo adoptado es de aproximadamente 10°.

De acuerdo con la siguiente tabla se asigna una puntuación

Tabla 74

Ángulo del Brazo en la Estación del Laboratorio de Tecnología Avanzada de Manufactura.

| Ángulo | Puntuación | Puntuación final |
|---|------------|------------------|
| Desde 20° de extensión, hasta 20° de flexión | 1 | X |
| Extensión >20° o flexión >20° y <45° | 2 | |
| Flexión >45° y 90° | 3 | |
| Flexión >90° | 4 | |

La puntuación base del brazo es de 1, ya que no existe elevación del hombro quedando la puntuación final en 1.

El segundo ángulo por medir es del antebrazo, medido por el eje del brazo y del antebrazo.

Figura 136

Ángulo del Antebrazo en Estación del Laboratorio de Tecnología Avanzada de Manufactura.



Nota: El Ángulo del antebrazo es aproximadamente de 79°

Tabla 75

Ángulo del Antebrazo en Estación del Laboratorio de Tecnología Avanzada de Manufactura

| Ángulo | Puntuación | Puntuación final |
|--------------------------|------------|------------------|
| Flexión entre 60° y 100° | 1 | X |
| Flexión <60° o >100° | 2 | |

La puntuación del antebrazo es de 1, en este caso no se realizan modificaciones a la puntuación, pues el antebrazo no parece cruzar la línea media del cuerpo.

El siguiente ángulo por medir es el de la muñeca, se mide de acuerdo con la flexión de esta.

Figura 137

Ángulo de la Muñeca en la Estación del Laboratorio de Tecnología Avanzada de Manufactura



Nota: La muñeca está en una posición neutral.

Tabla 76

Ángulo de la Muñeca en Estación del Laboratorio de Tecnología Avanzada de Manufactura

| Posición | Puntuación | Puntuación final |
|--|-------------------|-------------------------|
| Posición neutra | 1 | X |
| Flexión o extensión $> 0^\circ$ y $< 15^\circ$ | 2 | |
| Flexión o extensión $> 15^\circ$ | 3 | |

La puntuación es de 1 y no se añade 1 punto por la desviación radial, por lo que la puntuación termina en 1.

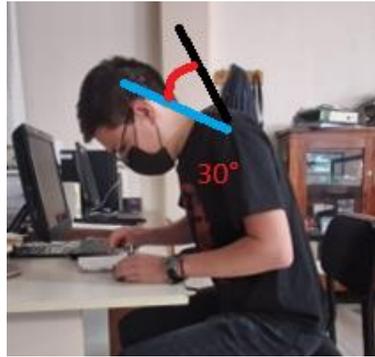
Se mide la pronación o supinación de la muñeca, en este caso es media por lo que la puntuación es de 1.

Evaluación del grupo B.

El primer ángulo para evaluar del grupo es el del cuello.

Figura 138

Ángulo del Cuello en la Estación del Laboratorio de Tecnología Avanzada de Manufactura



Nota: El cuello adquiere un ángulo aproximado de 30° al adoptar la postura observada.

Tabla 77

Ángulo del Cuello en la Estación del Laboratorio de Tecnología Avanzada de Manufactura

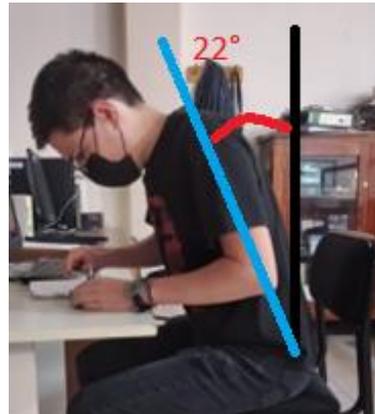
| Posición | Puntuación | Puntuación final |
|------------------------------|------------|------------------|
| Flexión entre 0° y 10° | 1 | |
| Flexión > 10° y ≤20° | 2 | |
| Flexión > 20° | 3 | X |
| Extensión en cualquier grado | 4 | |

El usuario parece no rotar o inclinar su cuello por lo que la puntuación final es de 3.

El siguiente ángulo por medir es el de la inclinación del tronco.

Figura 139

Ángulo del Tronco Respecto a la Vertical en la Estación de Trabajo del Laboratorio de Tecnología Avanzada de Manufactura



Nota: El tronco adquiere un ángulo de aproximadamente 22°.

Tabla 78

Ángulo del Tronco Respecto a la Vertical en la Estación de Trabajo del Laboratorio de Tecnología Avanzada de Manufactura

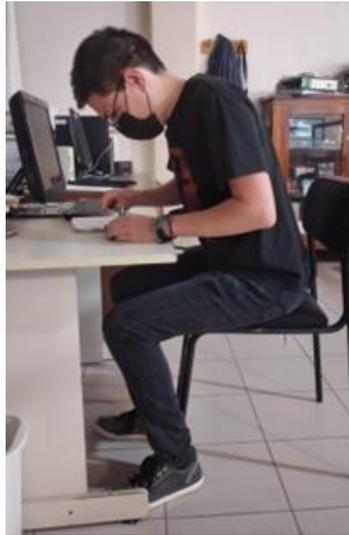
| Posición | Puntuación | Puntuación final |
|---|------------|------------------|
| Sentado bien apoyado y con un ángulo de tronco-caderas >90° | 1 | |
| Flexión entre 0° y 20° | 2 | |
| Flexión >20° y ≤60° | 3 | X |
| Flexión >60° | 4 | |

La puntuación del tronco no aumenta debido a que no se observa rotación o inclinación lateral, por lo que la puntuación final es de 3.

Se puntúan las piernas, la puntuación se obtiene a partir de la distribución del peso entre ellas, los apoyos existentes y si la posición es sedente.

Figura 140

Puntuación de las Piernas en la Estación del Laboratorio de Tecnología Avanzada de Manufactura



Nota: El usuario tiene las piernas bien apoyadas sobre el suelo.

Tabla 79

Puntuación de las Piernas en la Estación del Laboratorio de Tecnología Avanzada de Manufactura

| Posición | Puntuación | Puntuación final |
|---|-------------------|-------------------------|
| Sentado, con piernas y pies bien apoyados. | 1 | X |
| De pie con el peso simétricamente distribuido y espacio para cambiar de posición. | 1 | |
| Los pies no están apoyados o el peso no está simétricamente distribuido. | 2 | |
| La puntuación obtenida es de 1. | | |

Tabla 80

Puntuación Final en la Estación del Laboratorio de Tecnología Avanzada de Manufactura

| Parte del cuerpo | Puntuación |
|------------------|------------|
| Brazo | 1 |
| Antebrazo | 1 |
| Muñeca | 1 |
| Giro de muñeca | 1 |
| Cuello | 3 |
| Tronco | 3 |
| Piernas | 1 |

De acuerdo con los datos obtenidos, se obtiene la puntuación final cruzando las filas y columnas de los datos obtenidos.

Tabla 81

Puntuación del grupo A en la Estación del Laboratorio de Tecnología Avanzada de Manufactura

| | | Muñeca | | | | | | | |
|-------|-----------|----------------|---|----------------|---|----------------|---|----------------|---|
| | | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | |
| | | Giro de Muñeca | | Giro de Muñeca | | Giro de Muñeca | | Giro de Muñeca | |
| Brazo | Antebrazo | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 |
| | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| 2 | 1 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 |
| 3 | 1 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 |
| | 2 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 |
| | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 |
| 4 | 1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 |
| | 2 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 |
| | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 |
| 5 | 1 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 | 7 |
| | 2 | 5 | 6 | 6 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 |
| | 3 | 6 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 | 7 | 8 |
| 6 | 1 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 8 | 8 | 9 |
| | 2 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 9 | 9 | 9 |
| | 3 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 |

Nota: La puntuación final del grupo A fue de 1. Fuente: Mas y Jose, 2023.

Tabla 82*Puntuación del Grupo B en la Estación del Laboratorio de Tecnología Avanzada de Manufactura*

| | Tronco | | | | | | | | | | | |
|--------|---------|---|---------|---|---------|---|---------|---|---------|---|---------|---|
| | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | 6 | |
| | Piernas | | Piernas | | Piernas | | Piernas | | Piernas | | Piernas | |
| Cuello | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| 1 | 1 | 3 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 | 6 | 6 | 7 | 7 |
| 2 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 | 5 | 5 | 5 | 6 | 7 | 7 | 7 |
| 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 |
| 4 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 8 | 8 |
| 5 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| 6 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 |

Nota: La puntuación final fue de 4. Fuente: Mas y Jose, 2023.

La puntuación del grupo A es de 1 y la del grupo B es de 4, tomando en cuenta que la postura se mantiene por más de un minuto, se suma 1 punto a cada puntuación, quedando en: Grupo A: 2 y Grupo B: 5.

Una vez se tienen las puntuaciones finales, se cambia el nombre de los grupos A y B, por grupos C y D respectivamente y se evalúan en la tabla de la Tabla 83.

Tabla 83*Puntuación Final de la Estación del Laboratorio de Tecnología Avanzada de Manufactura*

| Puntuación C | Puntuación D | | | | | | |
|--------------|--------------|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 |
| 2 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 |
| 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 |
| 4 | 3 | 3 | 3 | 4 | 5 | 6 | 6 |
| 5 | 4 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 7 |
| 6 | 4 | 4 | 5 | 6 | 6 | 7 | 7 |
| 7 | 5 | 5 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 |
| 8 | 5 | 5 | 6 | 7 | 7 | 7 | 7 |

Nota: Se puede observar que la puntuación final es de 4 lo cual indica que puede llegar a ser necesario el rediseño de la estación de trabajo, como se observa en la Tabla 83. Fuente: Mas y Jose, 2023.

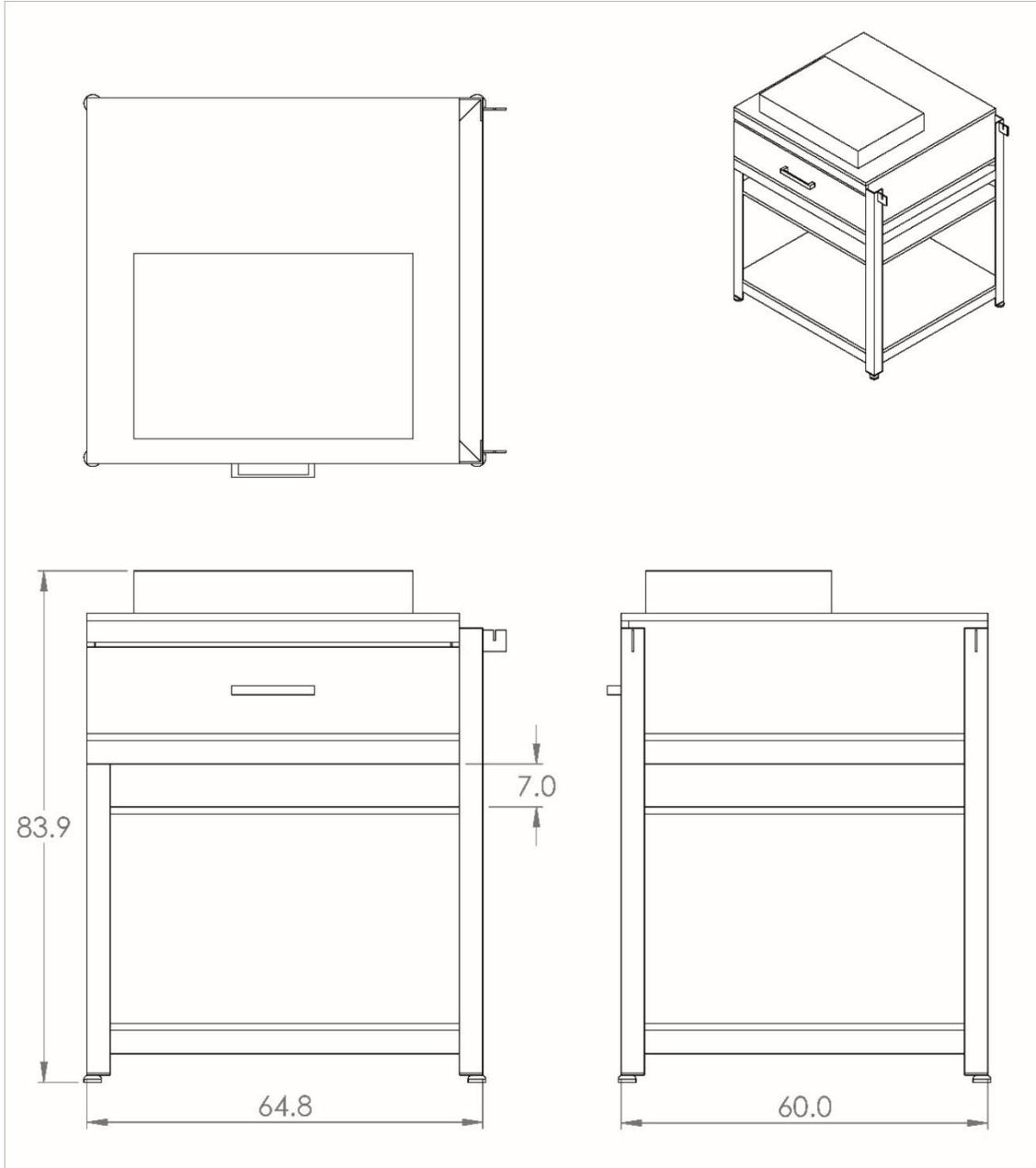
Tabla 84

Puntuación Final de la Estación Usada en el Laboratorio de Tecnología Avanzada de Manufactura

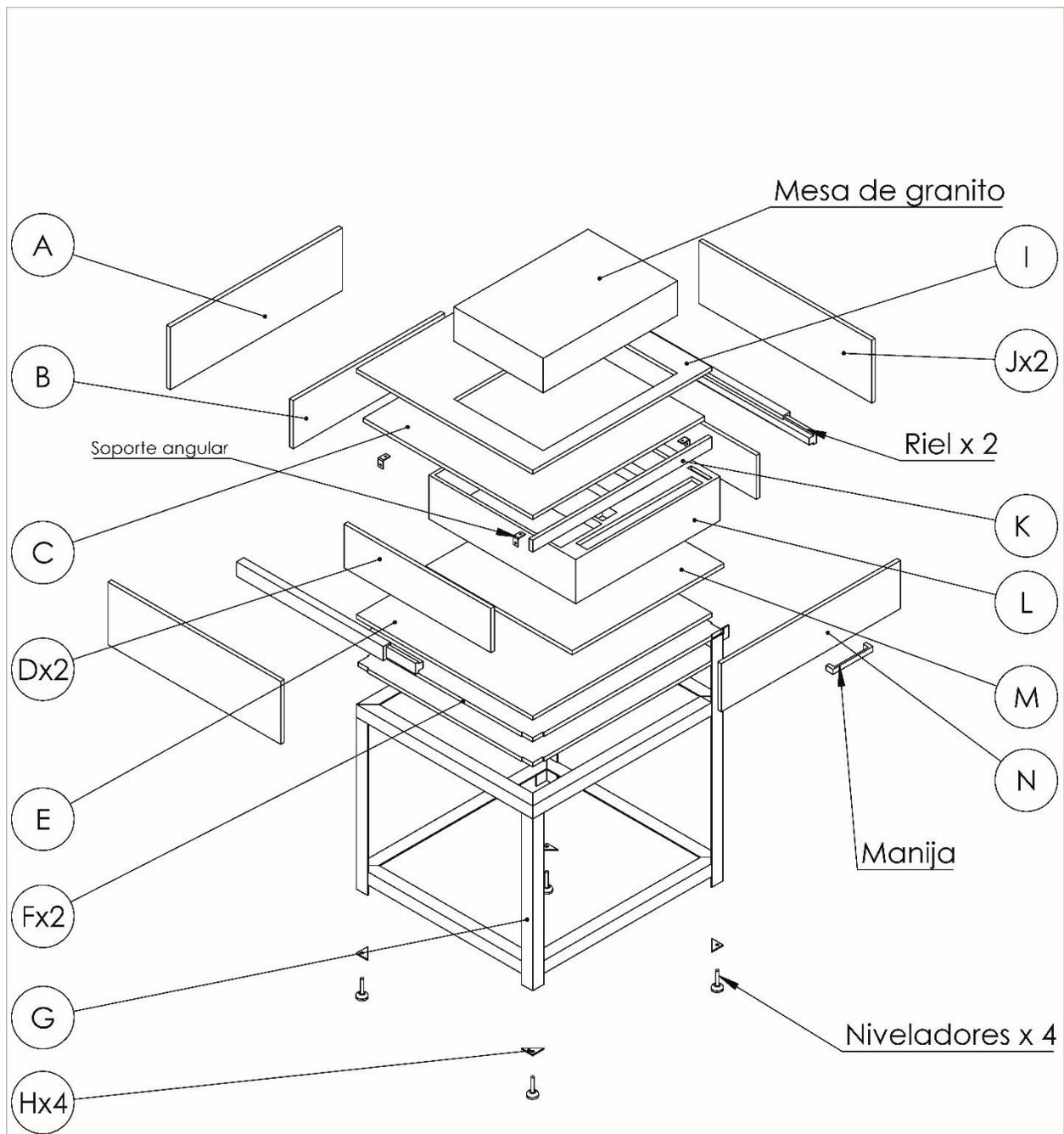
| Puntuación | Nivel | Actuación |
|-------------------|--------------|---------------------------------------|
| 1 o 2 | 1 | Riesgo aceptable |
| 3 o 4 | 2 | Pueden requerirse cambios |
| 5 o 6 | 3 | Requiere el rediseño de la tarea |
| 7 | 4 | Requiere cambios urgentes de la tarea |

Anexo 4

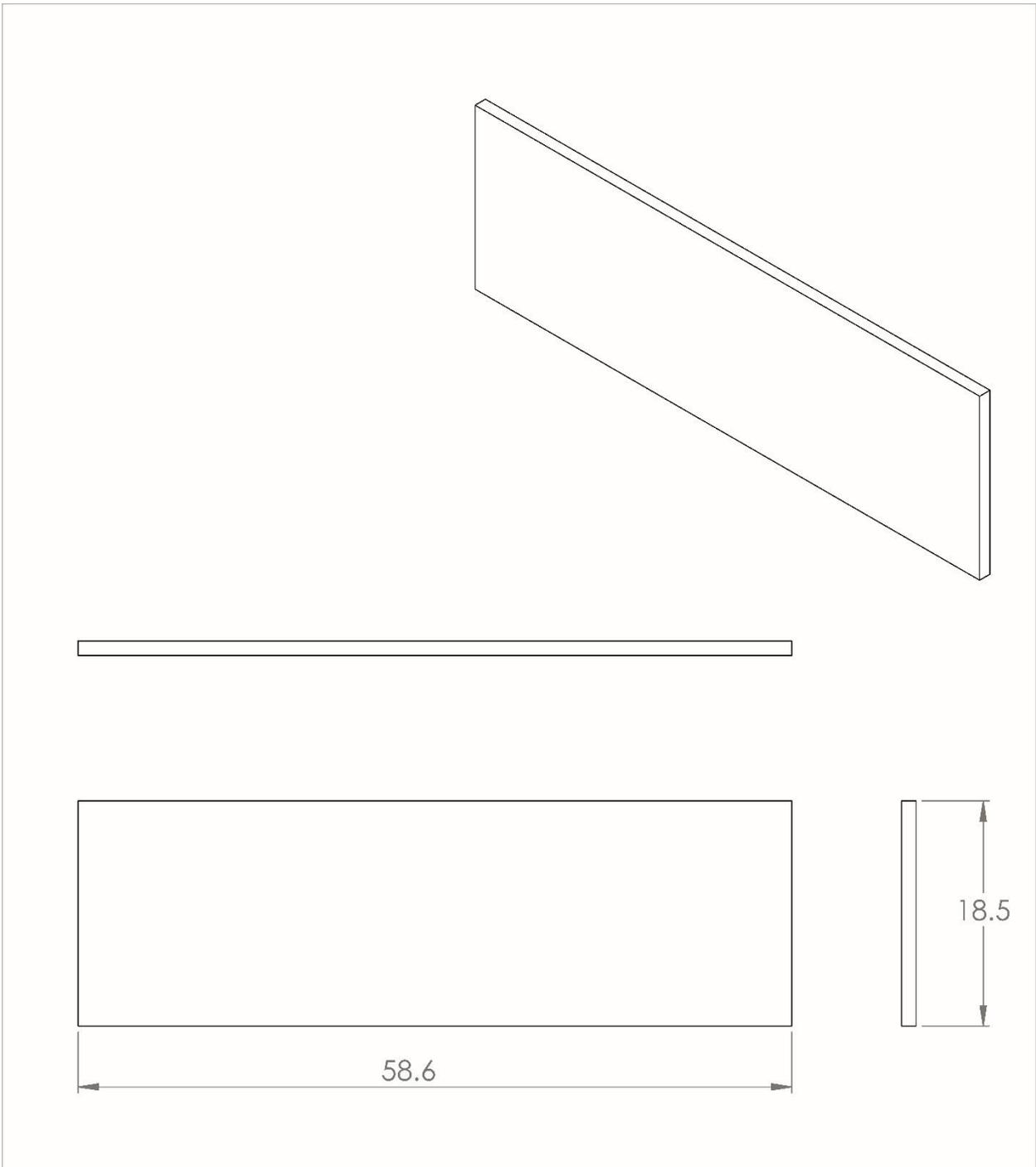
Planos industriales del módulo 1

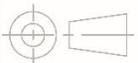


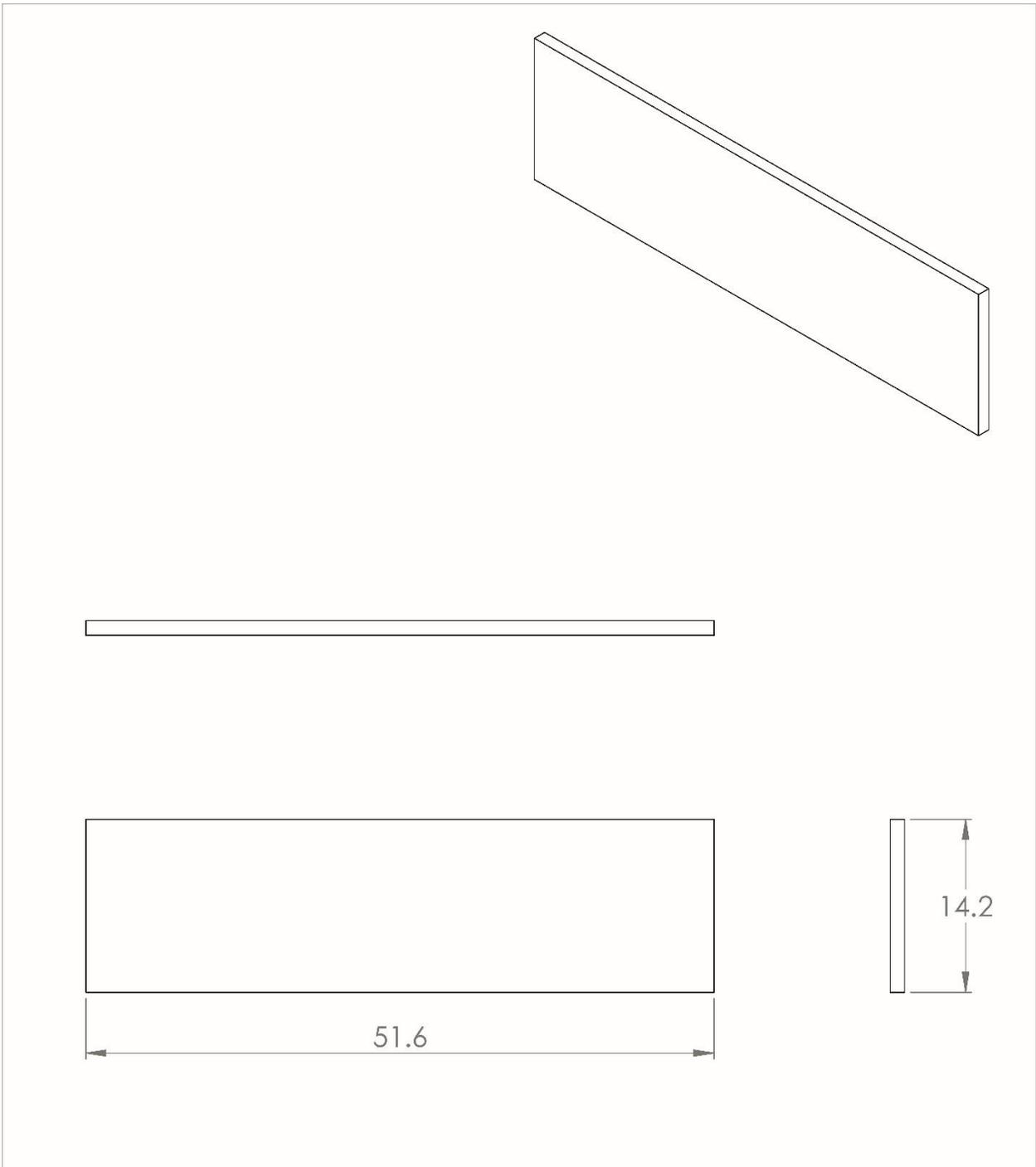
| | | | |
|---|-----------------|------------------|-------------|
|  | | | |
| Estación de trabajo para las tareas de diseño y replicado de piezas mecánicas | | | |
|  | Modulo 1 | N° Plano: 1 | |
| Dibujó: Antonio Pesce Soria | | Unidades: cm(in) | Material: |
| Fecha: 02/10/2023 | | N° de piezas: 1 | Escala 1:10 |

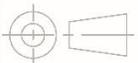


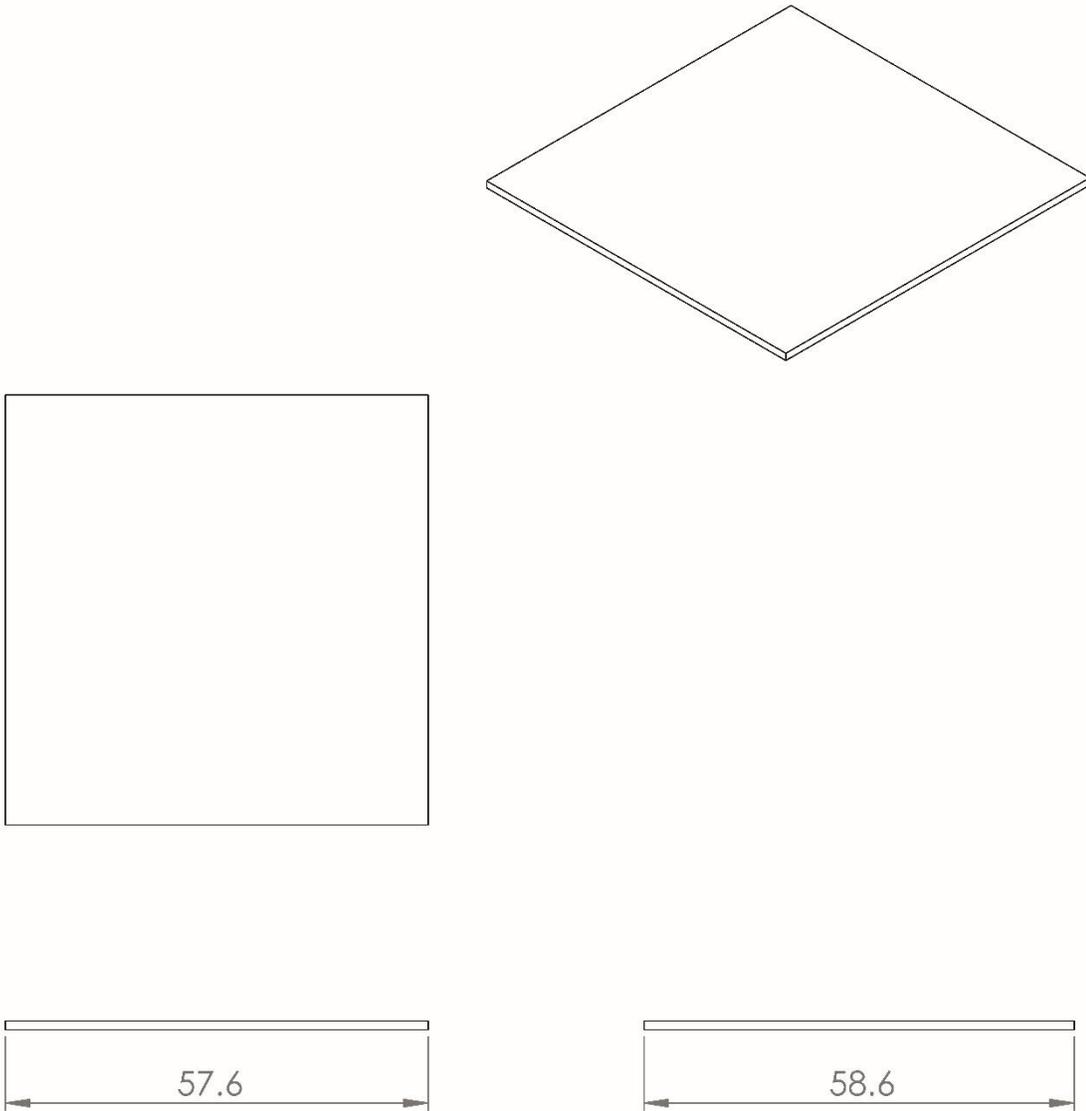
| | | | | |
|---|---|---------------------------|------------------|--------------|
| Universidad Tecnológica de la Mixteca | | | | |
| Estación de trabajo para las tareas de diseño y replicado de piezas mecánicas | | | | |
|  |  | Explosivo Modulo 1 | N° Plano: 2 | |
| | Dibujó: Antonio Pesce Soria | | Unidades: cm | Material: |
| | Fecha: 02/10/2023 | | N° de piezas: 27 | Escala: 1:15 |

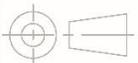


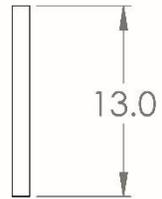
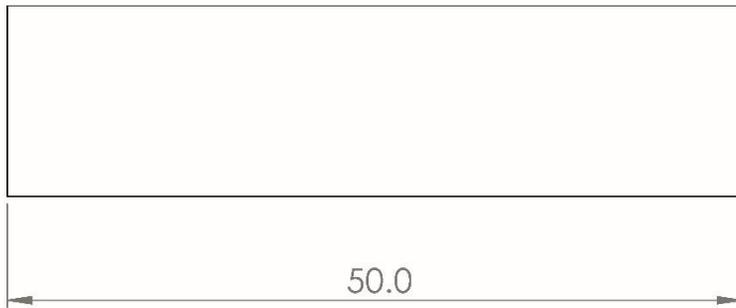
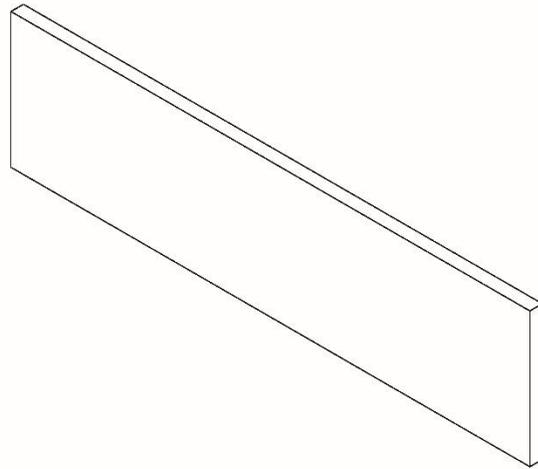
| | | | |
|---|---|-------------------------------|-----------------|
| Universidad Tecnológica de la Mixteca | | | |
| Estación de trabajo para las tareas de diseño y replicado de piezas mecánicas | | | |
|  |  | Posterior de cajón (A) | N° Plano: 3 |
| | Dibujó: Antonio Pesce Soria | | Unidades: cm |
| | Fecha: 02/10/2023 | | N° de piezas: 1 |
| | | | Escala: 1:5 |



| | | | |
|---|---|--------------------------------|----------------------------|
| Universidad Tecnológica de la Mixteca | | | |
|  | Estación de trabajo para las tareas de diseño y replicado de piezas mecánicas | | |
| |  | Posterior de Espuma (B) | Nº Plano: 4 |
| | Dibujó: Antonio Pesce Soria | Unidades: cm(in) | Material: Melamina 12mm |
| | Fecha: 02/10/2023 | Nº de piezas:1 | Escala: 1:5 |



| | | | |
|---|---|------------------------------------|------------------------------|
| Universidad Tecnológica de la Mixteca | | | |
|  | Estación de trabajo para las tareas de diseño y replicado de piezas mecánicas | | |
| |  | Base de mesa de granito (C) | N° Plano: 5 |
| | Dibujó: Antonio Pesce Soria | Unidades: cm | Material: Melamina (12mm) |
| | Fecha: 02/10/2023 | N° de piezas: 1 | Escala: 1:10 |



Universidad Tecnológica de la Mixteca

Estación de trabajo para las tareas de diseño y replicado de piezas mecánicas



Lateral de Espuma (D)

Nº Plano: 6

Dibujó: Antonio Pesce Soria

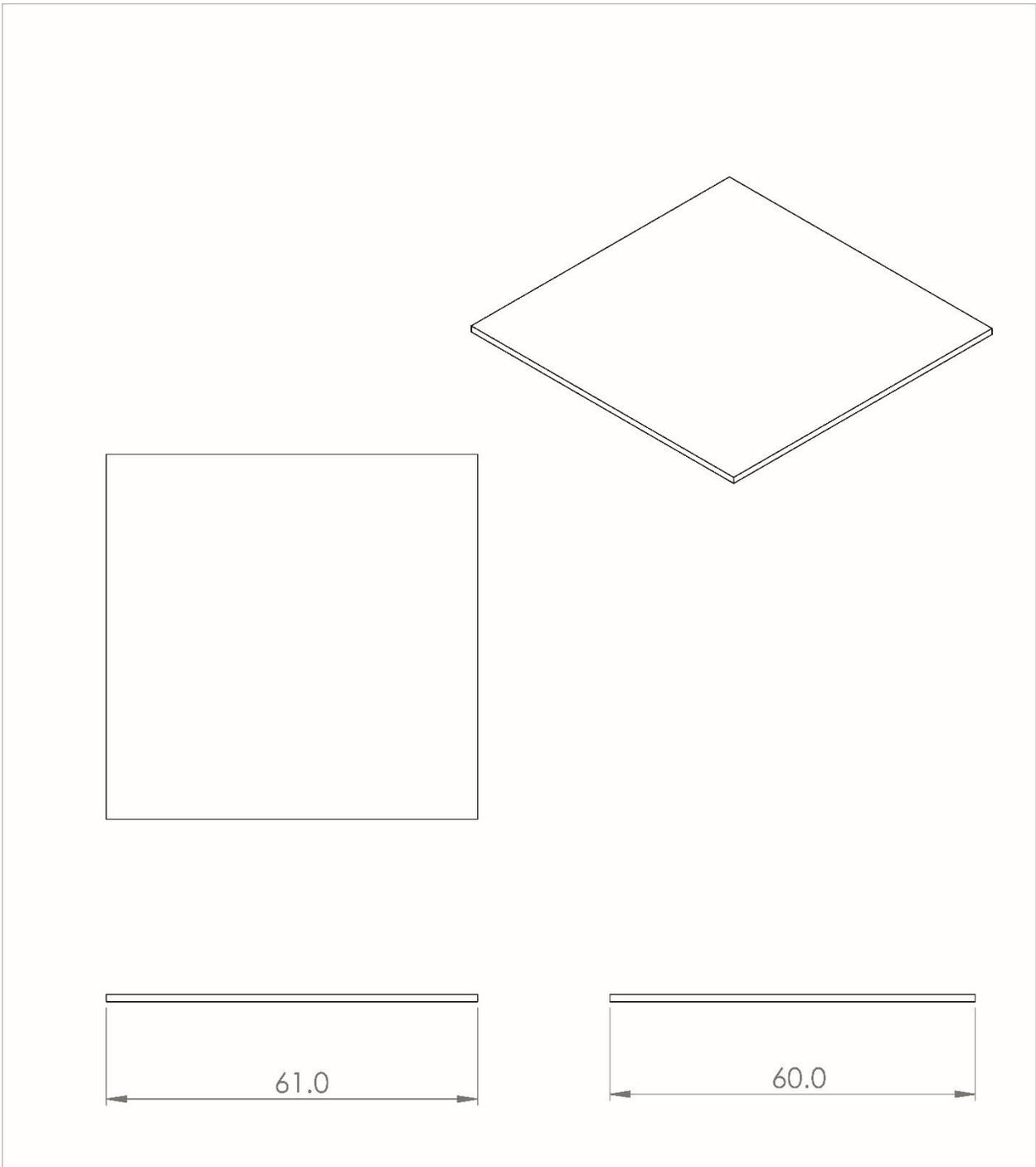
Unidades: cm

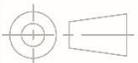
Material:
Melamina (12mm)

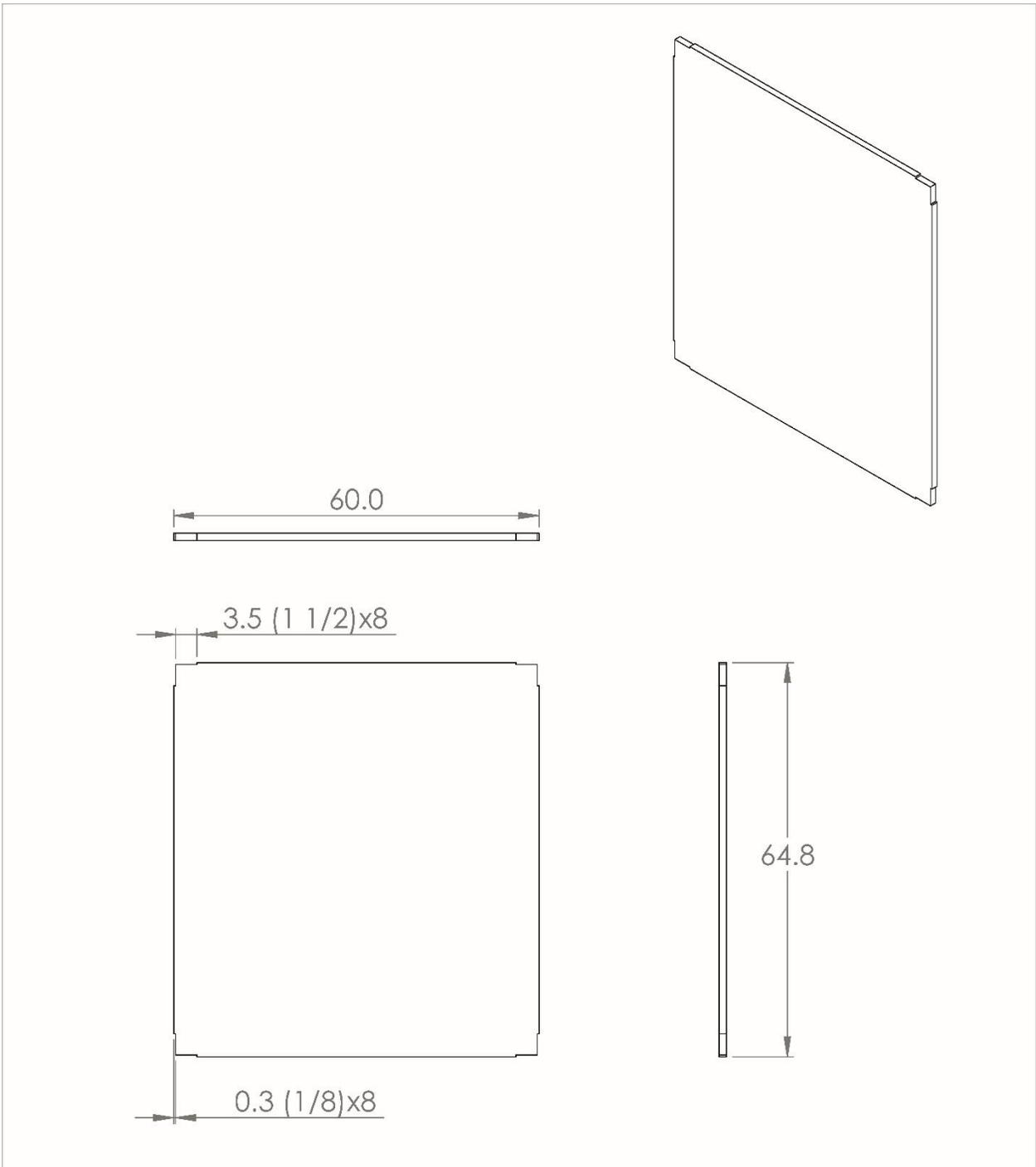
Fecha: 02/10/2023

Nº de piezas:2

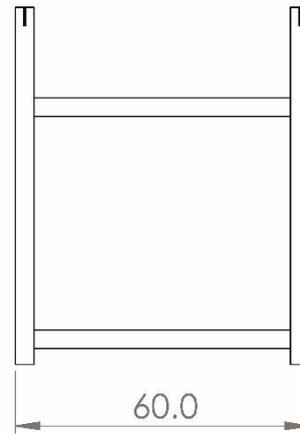
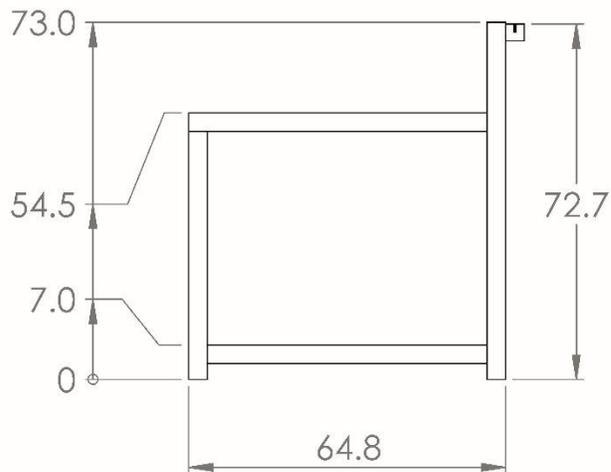
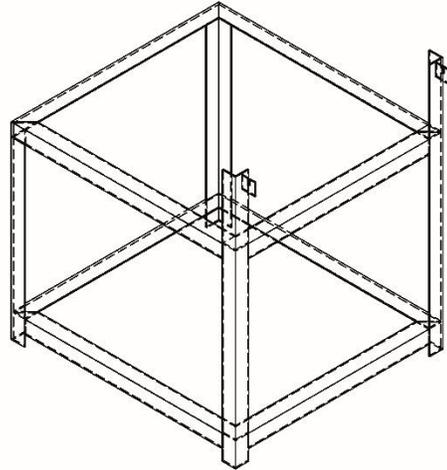
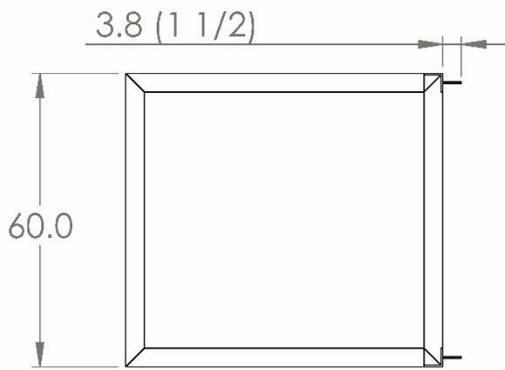
Escala: 1:5



| | | | |
|---|---|--------------------------|------------------------------|
| Universidad Tecnológica de la Mixteca | | | |
|  | Estación de trabajo para las tareas de diseño y replicado de piezas mecánicas | | |
| |  | Base de cajón (E) | N° Plano: 7 |
| | Dibujó: Antonio Pesce Soria | Unidades: cm | Material: Melamina (12mm) |
| | Fecha: 02/10/2023 | N° de piezas: 1 | Escala: 1:10 |



| | | | |
|---|-----------------------------|------------------------------------|------------------------------|
| Universidad Tecnológica de la Mixteca | | | |
| Estación de trabajo para las tareas de diseño y replicado de piezas mecánicas | | | |
| | | Base de mochila y topes (F) | N° Plano: 8 |
| | Dibujó: Antonio Pesce Soria | | Material: Melamina (12mm) |
| | Fecha: 02/10/2023 | | N° de piezas:2 |



Universidad Tecnológica de la Mixteca

Estación de trabajo para las tareas de diseño y replicado de piezas mecánicas



Estructura de Modulo 1 (G)

Nº Plano: 9

Dibujó: Antonio Pesce Soria

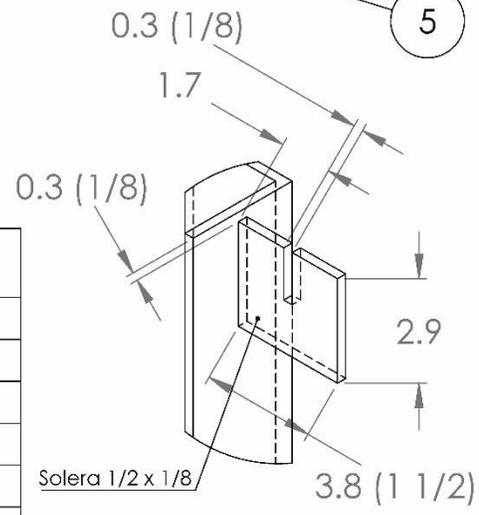
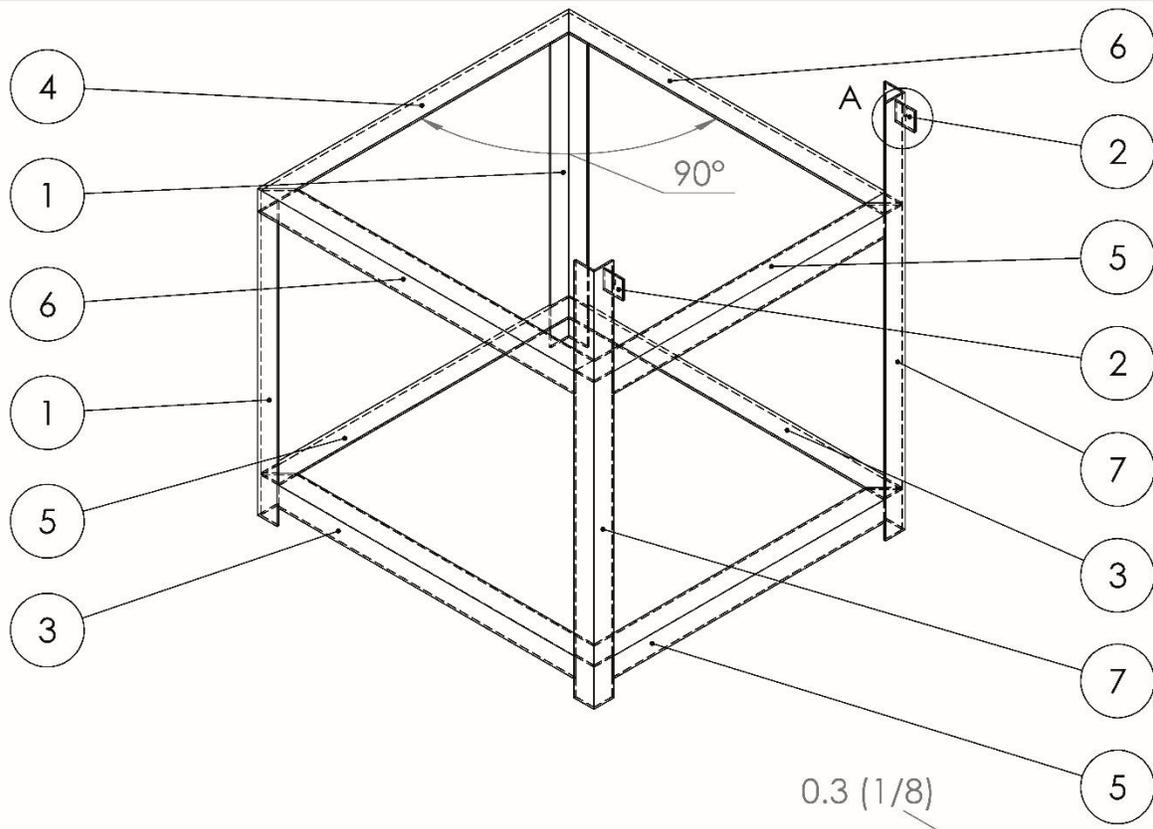
Unidades: cm(in)

Material: Perfil angular de 1.5" x 1.5"

Fecha: 02/10/2023

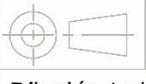
Nº de piezas: 1

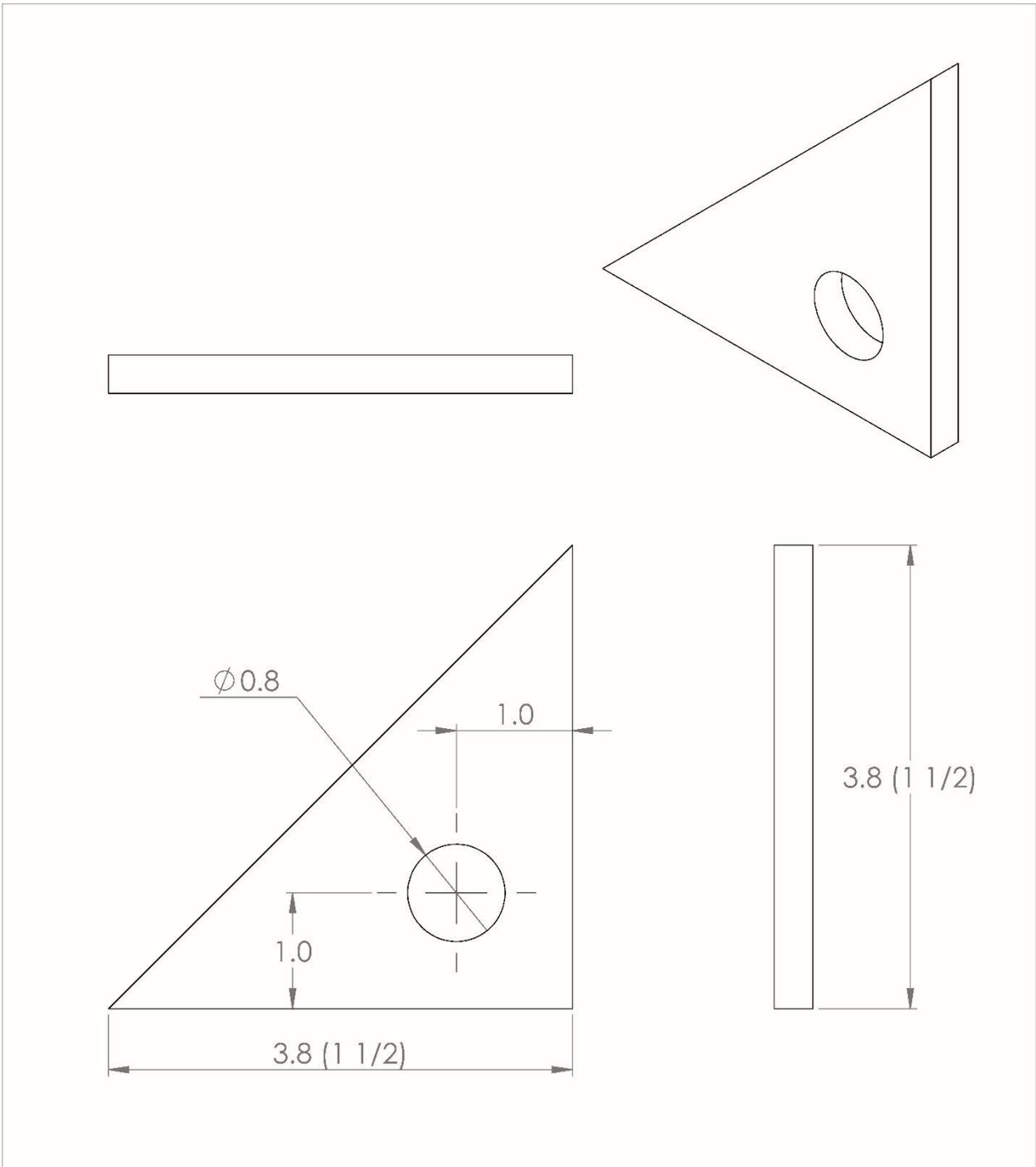
Escala: 1:15



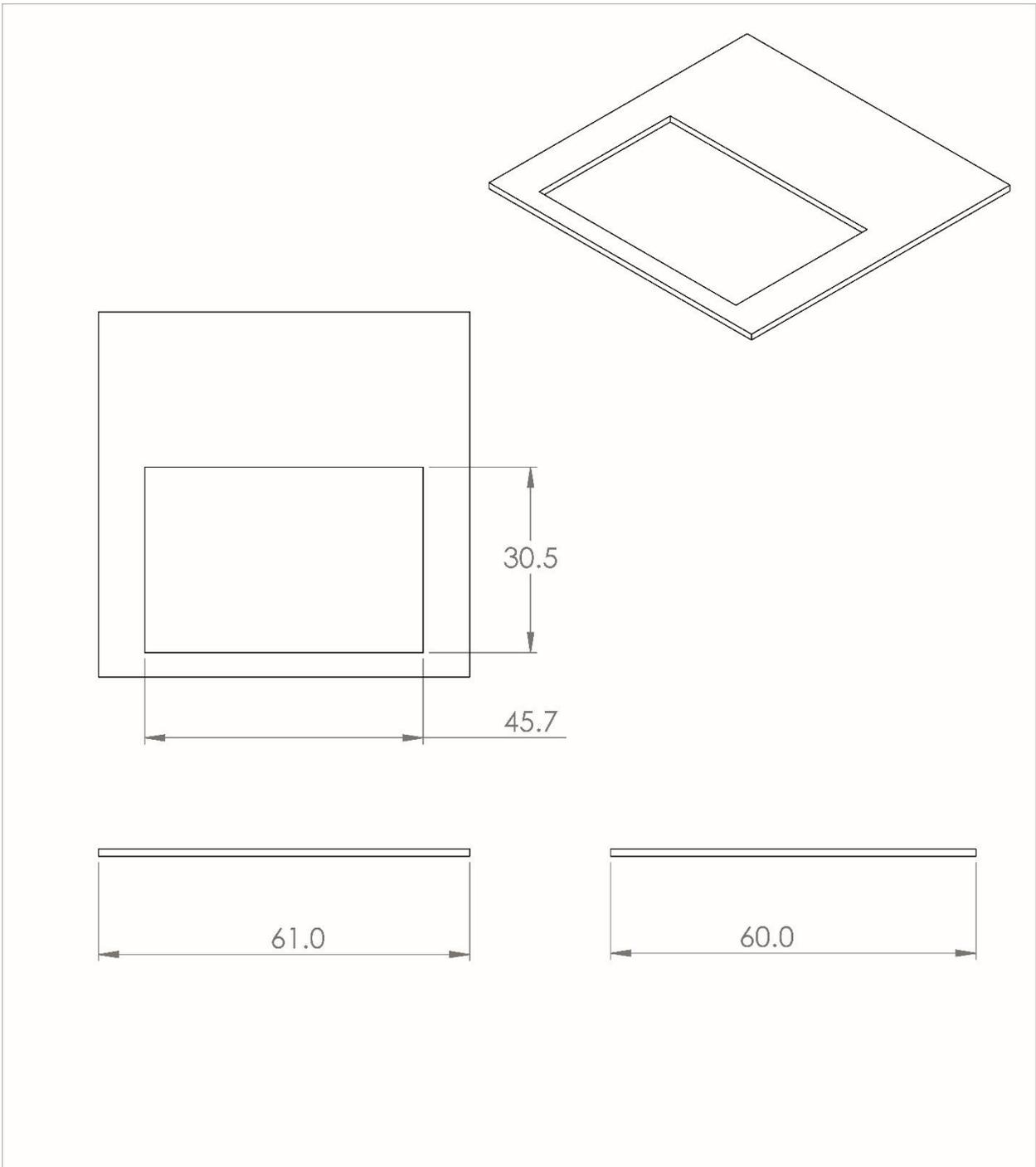
| Nº Elemento | Cantidad | Longitud |
|-------------|----------|----------|
| 1 | 2 | 50.7 |
| 2 | 2 | 3.8 |
| 3 | 2 | 64.2 |
| 4 | 1 | 60 |
| 5 | 3 | 59.4 |
| 6 | 2 | 64.5 |
| 7 | 2 | 73 |

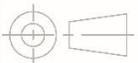
DETALLE A
ESCALA 1 : 2

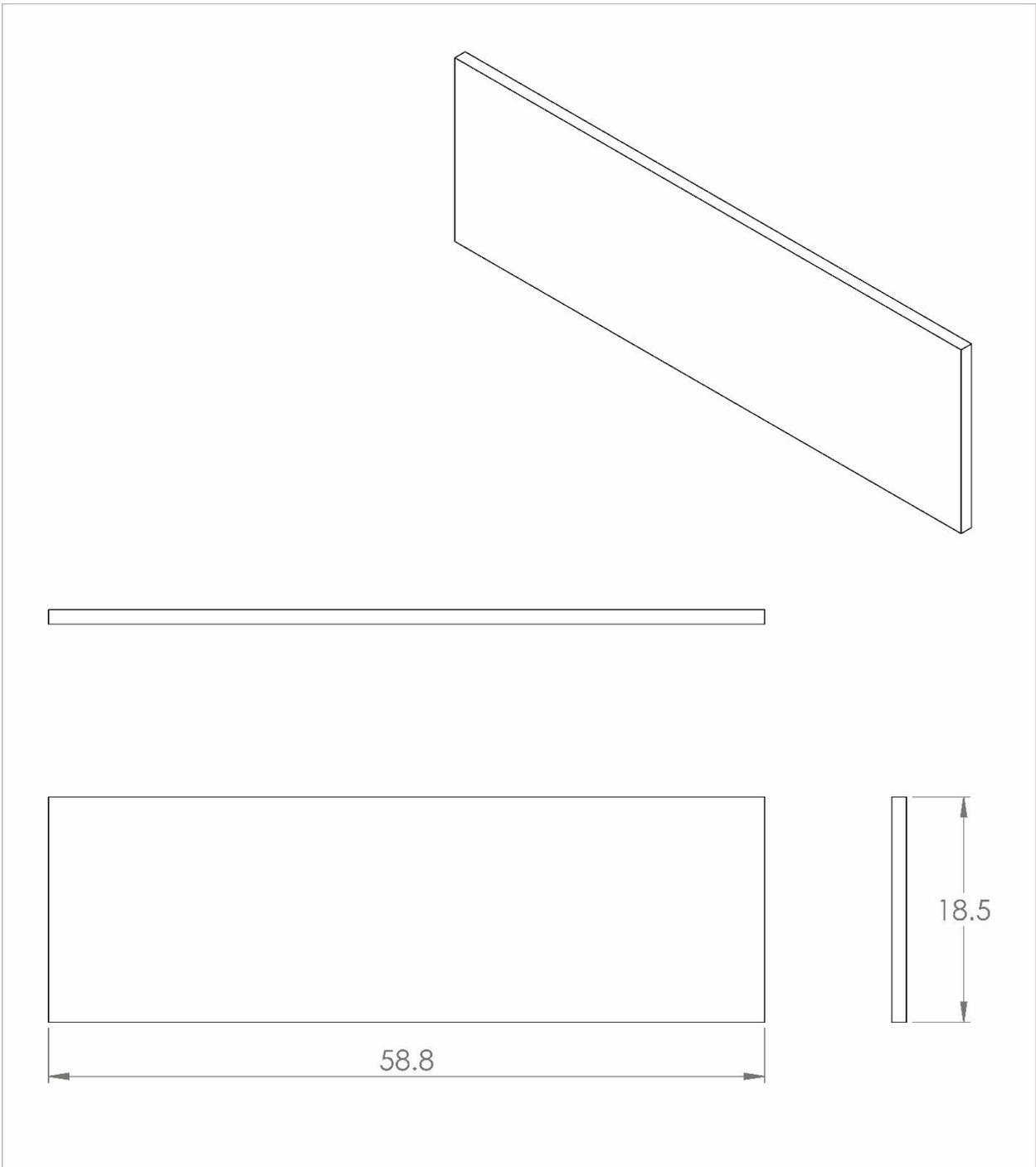
| | | | |
|---|---|---|--|
| Universidad Tecnológica de la Mixteca | | | |
|  | Estación de trabajo para las tareas de diseño y replicado de piezas mecánicas | | |
| |  | Longitud de Piezas Estructura Modulo 1 (G) | Nº Plano: 10 |
| | Dibujó: Antonio Pesce Soria | Unidades: cm(in) | Material: Perfil angular de 1.5"x 1.5" |
| | Fecha: 02/10/2023 | Nº de piezas:1 | Escala: 1:10 |

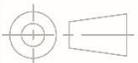


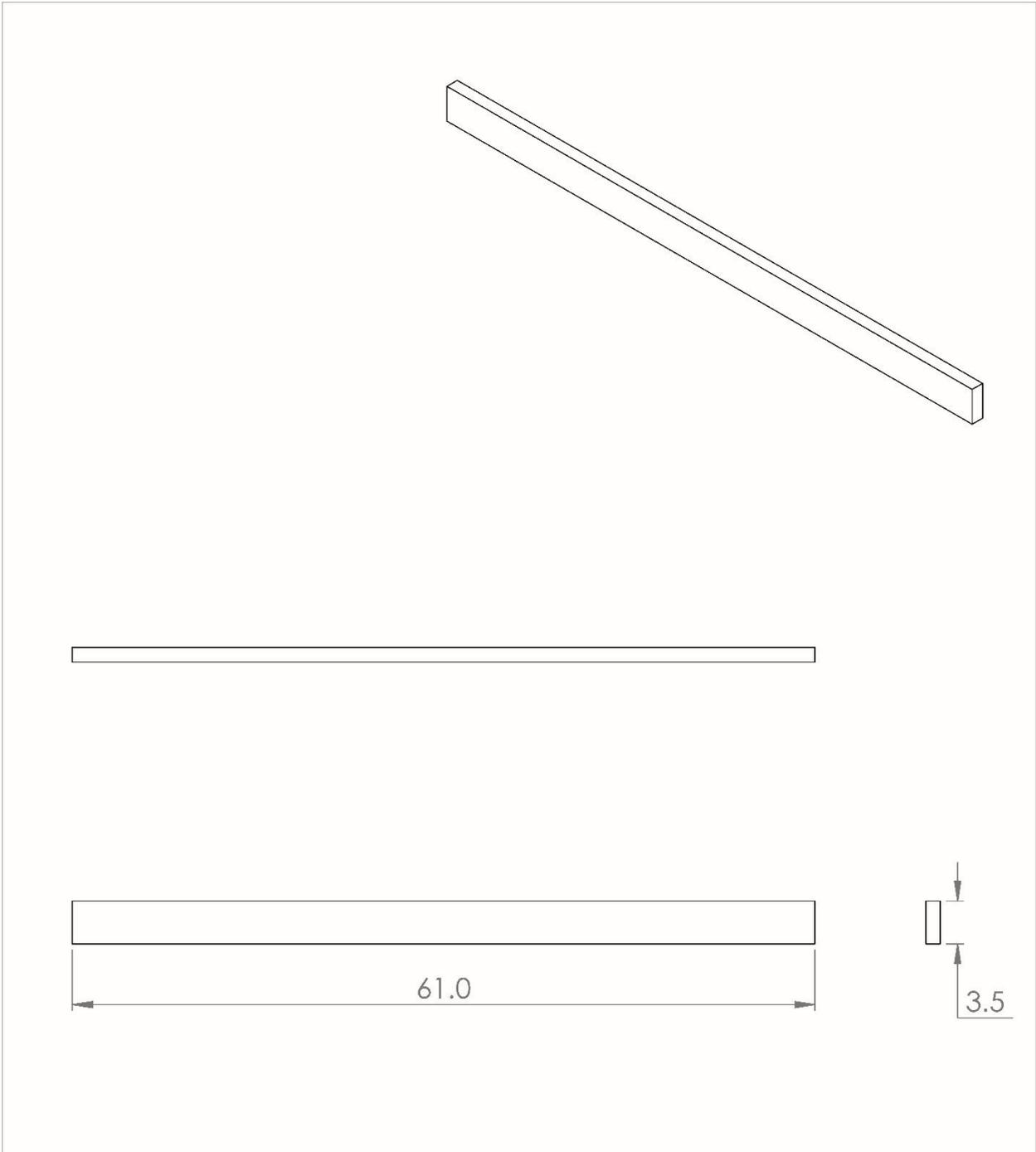
| | | | | |
|---|---|------------------------------------|------------------|---------------------------------|
| Universidad Tecnológica de la Mixteca | | | | |
| Estación de trabajo para las tareas de diseño y replicado de piezas mecánicas | | | | |
|  |  | Tapon de Perfil angular (H) | N° Plano: 11 | |
| | Dibujó: Antonio Pesce Soria | | Unidades: cm(in) | Material: Solera 1 1/2 x 1/8 |
| | Fecha: 02/10/2023 | | N° de piezas:4 | Escala: 2:1 |

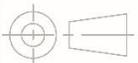


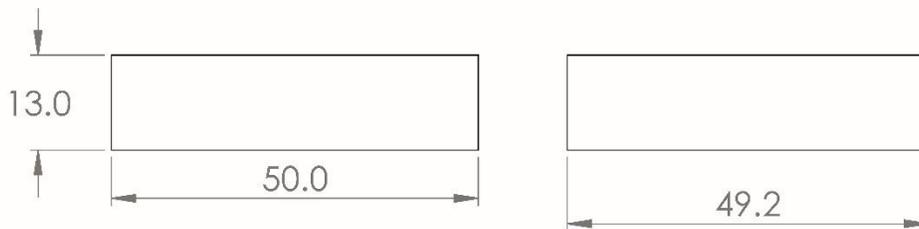
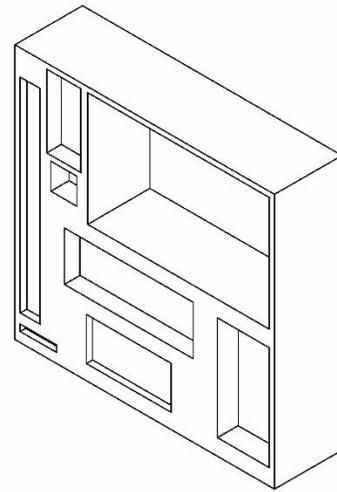
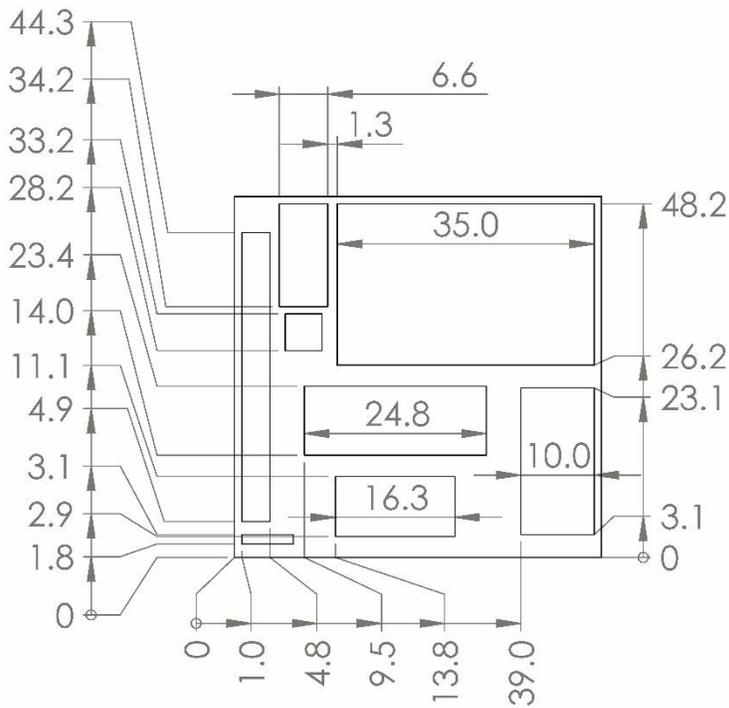
| | | | |
|---|---|--------------------------|---------------------------|
| Universidad Tecnológica de la Mixteca | | | |
|  | Estación de trabajo para las tareas de diseño y replicado de piezas mecánicas | | |
| |  | Tapa de cajón (I) | Nº Plano: 12 |
| | Dibujó: Antonio Pesce Soria | Unidades: cm | Material: Melamina (12mm) |
| | Fecha: 02/10/2023 | Nº de piezas: 1 | Escala: 1:10 |



| | | | |
|---|---|-----------------------------|----------------------------|
| Universidad Tecnológica de la Mixteca | | | |
|  | Estación de trabajo para las tareas de diseño y replicado de piezas mecánicas | | |
| |  | Lateral de cajón (J) | Nº Plano: 13 |
| | Dibujó: Antonio Pesce Soria | Unidades: cm(in) | Material: Melamina 12mm |
| | Fecha: 02/10/2023 | Nº de piezas: 2 | Escala: 1:5 |



| | | | |
|---|---|----------------------------|----------------------------|
| Universidad Tecnológica de la Mixteca | | | |
|  | Estación de trabajo para las tareas de diseño y replicado de piezas mecánicas | | |
| |  | Frontal de cajón(K) | Nº Plano: 14 |
| | Dibujó: Antonio Pesce Soria | Unidades: cm(in) | Material: Melamina 12mm |
| | Fecha: 02/10/2023 | Nº de piezas: 1 | Escala 1:5 |



Universidad Tecnológica de la Mixteca

Estación de trabajo para las tareas de diseño y replicado de piezas mecánicas



Espuma protectora (L)

Nº Plano: 15

Dibujó: Antonio Pesce Soria

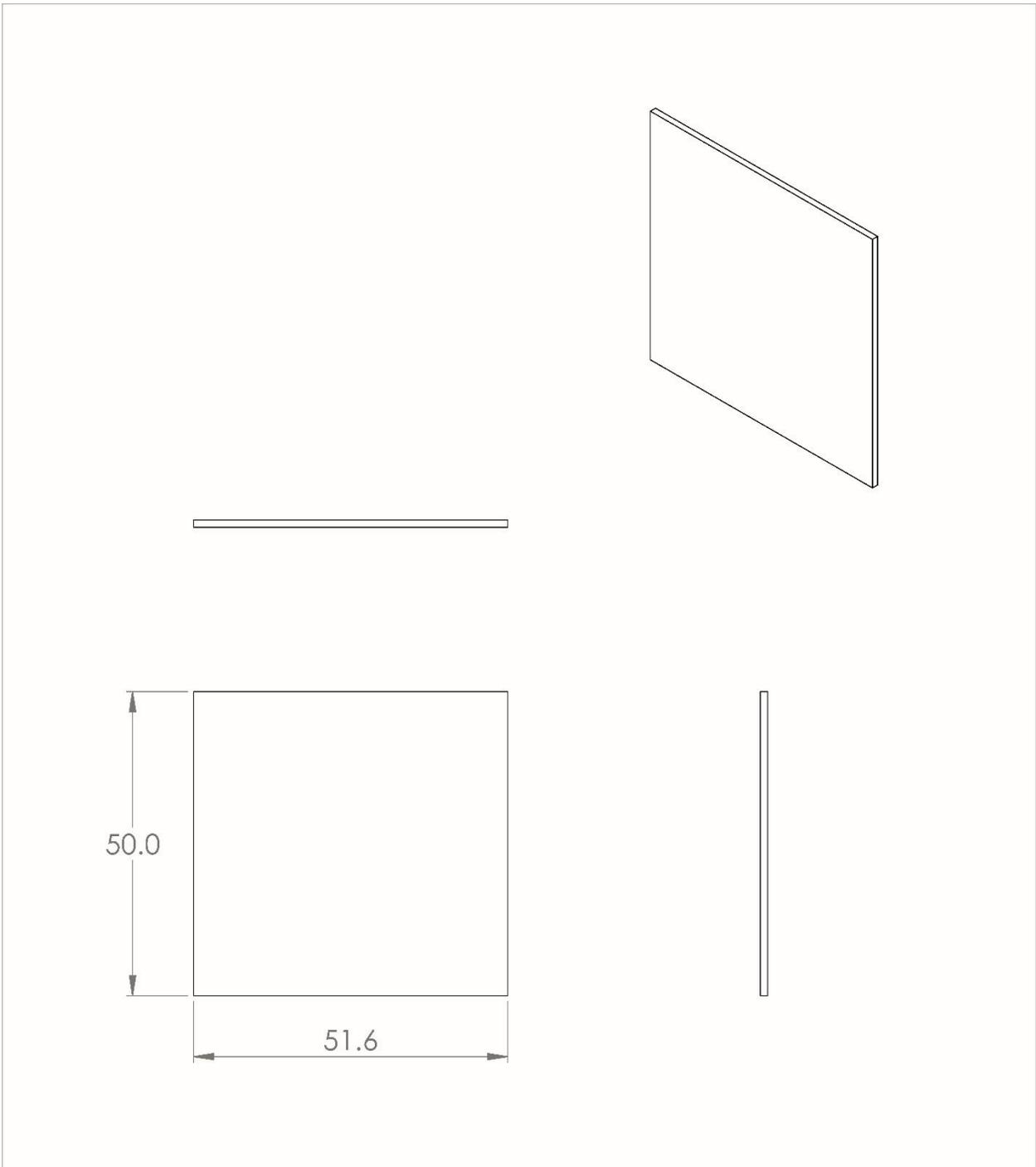
Unidades: cm(in)

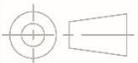
Material: Espuma de Poliuretano

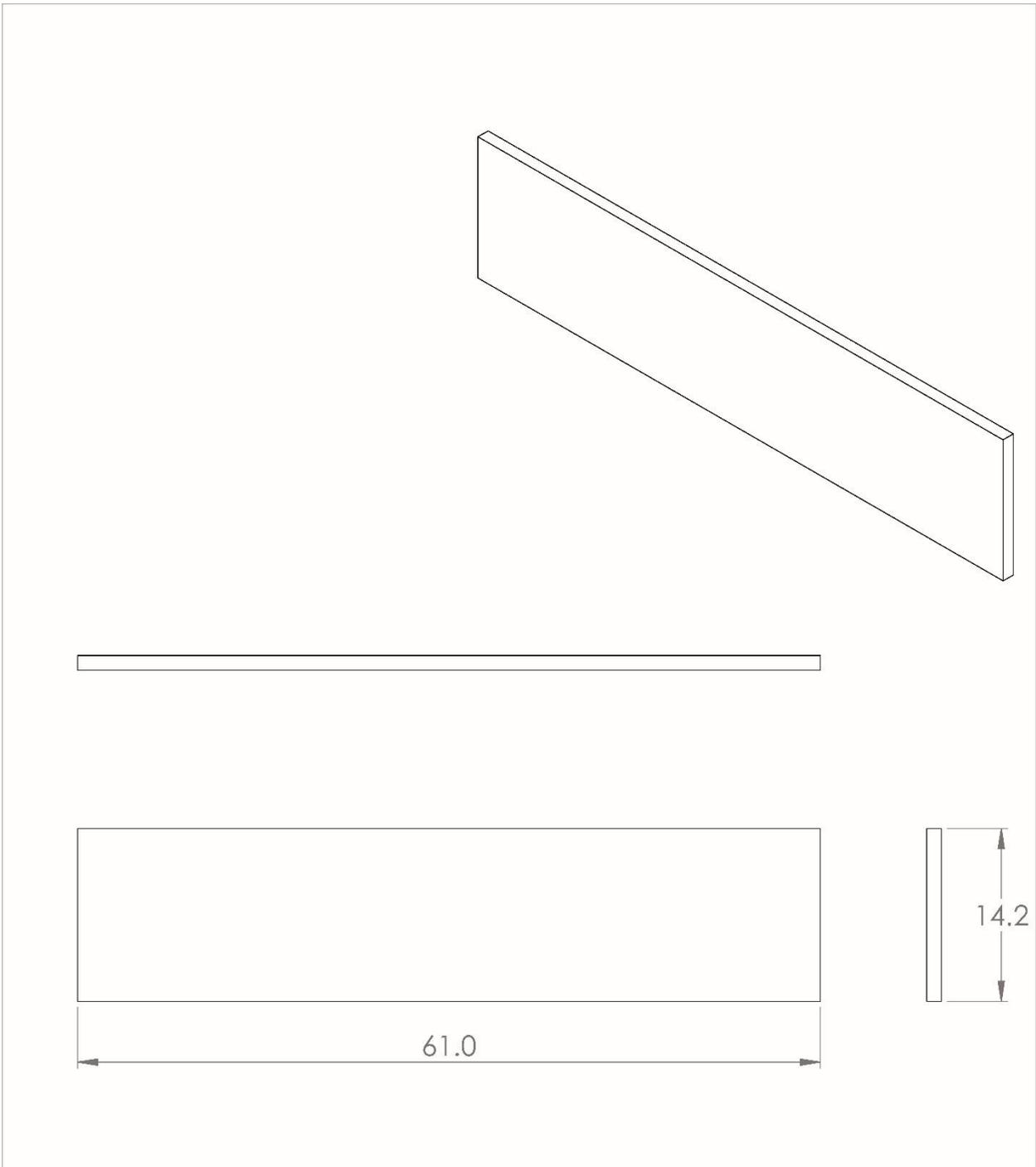
Fecha: 02/10/2023

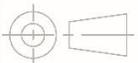
Nº de piezas: 1

Escala: 1:10

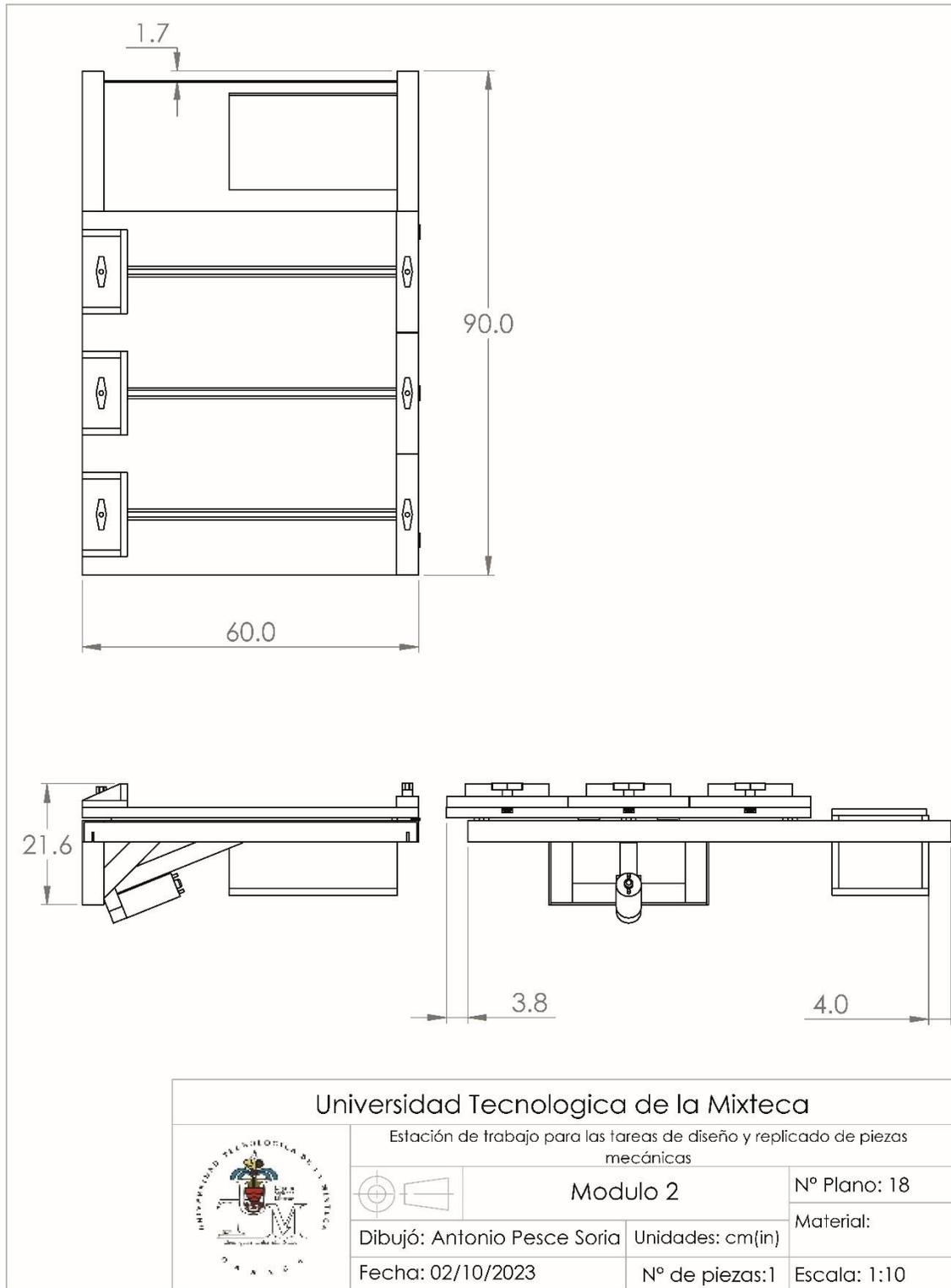


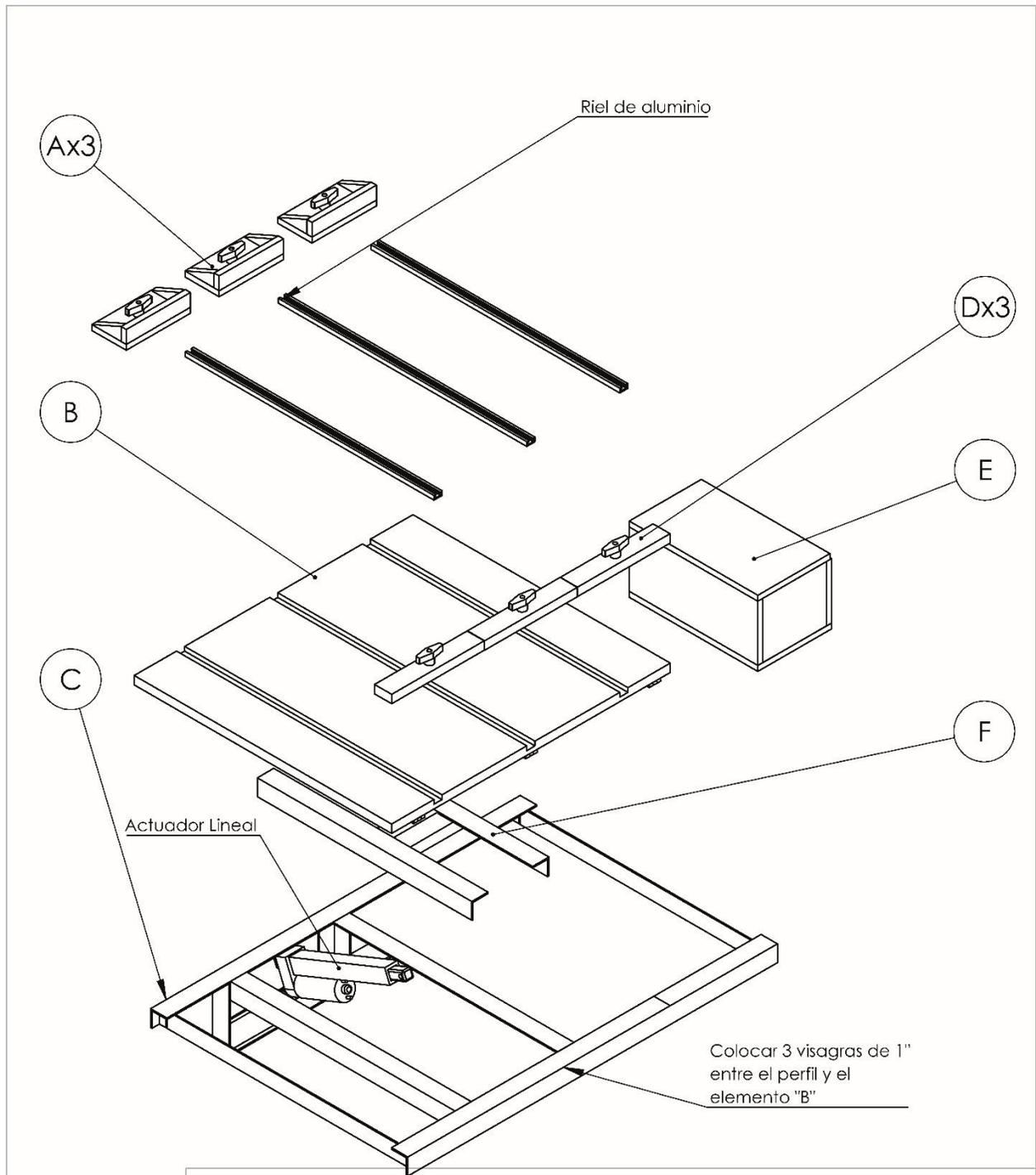
| | | | |
|---|---|--------------------------|----------------------------|
| Universidad Tecnológica de la Mixteca | | | |
|  | Estación de trabajo para las tareas de diseño y replicado de piezas mecánicas | | |
| |  | Base de Espuma(M) | N° Plano: 16 |
| | Dibujó: Antonio Pesce Soria | Unidades: cm(in) | Material: Melamina 12mm |
| | Fecha: 02/10/2023 | N° de piezas: 1 | Escala: 1:10 |



| | | | | |
|---|---|-----------------------------|------------------|----------------------------|
| Universidad Tecnológica de la Mixteca | | | | |
| Estación de trabajo para las tareas de diseño y replicado de piezas mecánicas | | | | |
|  |  | Frontal de Espuma(N) | N° Plano: 17 | |
| | Dibujó: Antonio Pesce Soria | | Unidades: cm(in) | Material: Melamina 12mm |
| | Fecha: 02/10/2023 | | N° de piezas: 1 | Escala 1:5 |

Planos industriales del módulo 2





Universidad Tecnológica de la Mixteca

Estación de trabajo para las tareas de diseño y replicado de piezas mecánicas



Explosivo Modulo 2

Nº Plano: 19

Dibujó: Antonio Pesce Soria

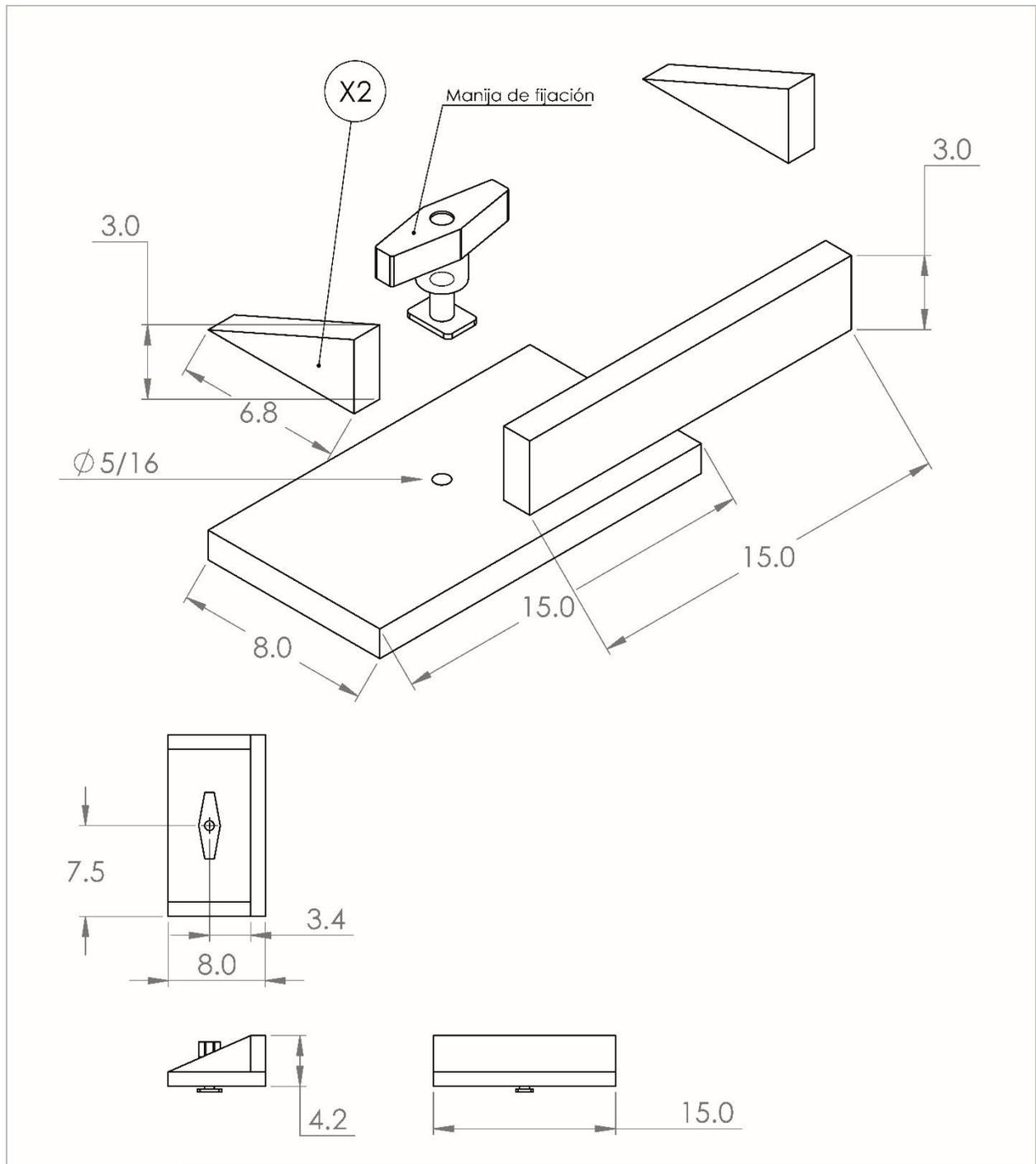
Unidades: cm(in)

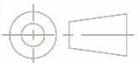
Material:

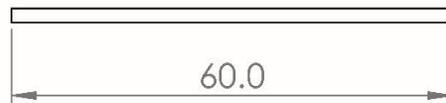
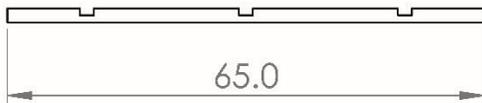
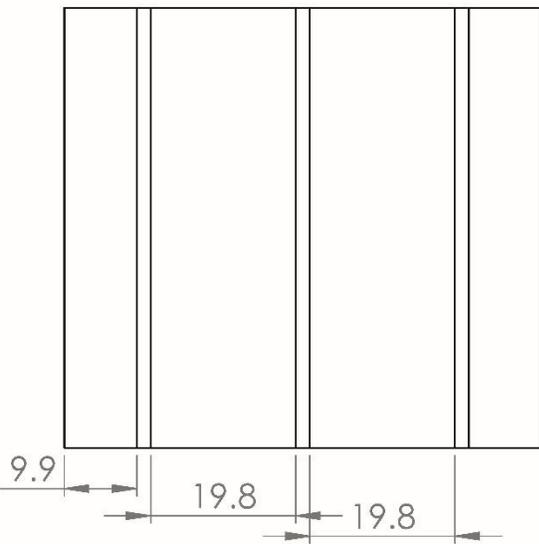
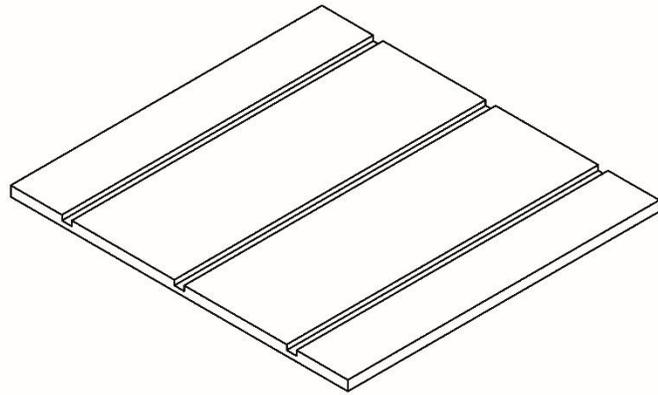
Fecha: 02/10/2023

Nº de piezas: 1

Escala: 1:10



| | | | | |
|---|---|------------------------------|------------------|---------------------------|
| Universidad Tecnológica de la Mixteca | | | | |
| Estación de trabajo para las tareas de diseño y replicado de piezas mecánicas | | | | |
|  |  | Tope de seguridad (A) | Nº Plano: 20 | |
| | Dibujó: Antonio Pesce Soria | | Unidades: cm(in) | Material: Melamina (12mm) |
| | Fecha: 02/10/2023 | | Nº de piezas:3 | Escala: 1:5 - 1:2 |



Universidad Tecnológica de la Mixteca

Estación de trabajo para las tareas de diseño y replicado de piezas mecánicas



Base de medición (B)

Nº Plano: 21

Dibujó: Antonio Pesce Soria

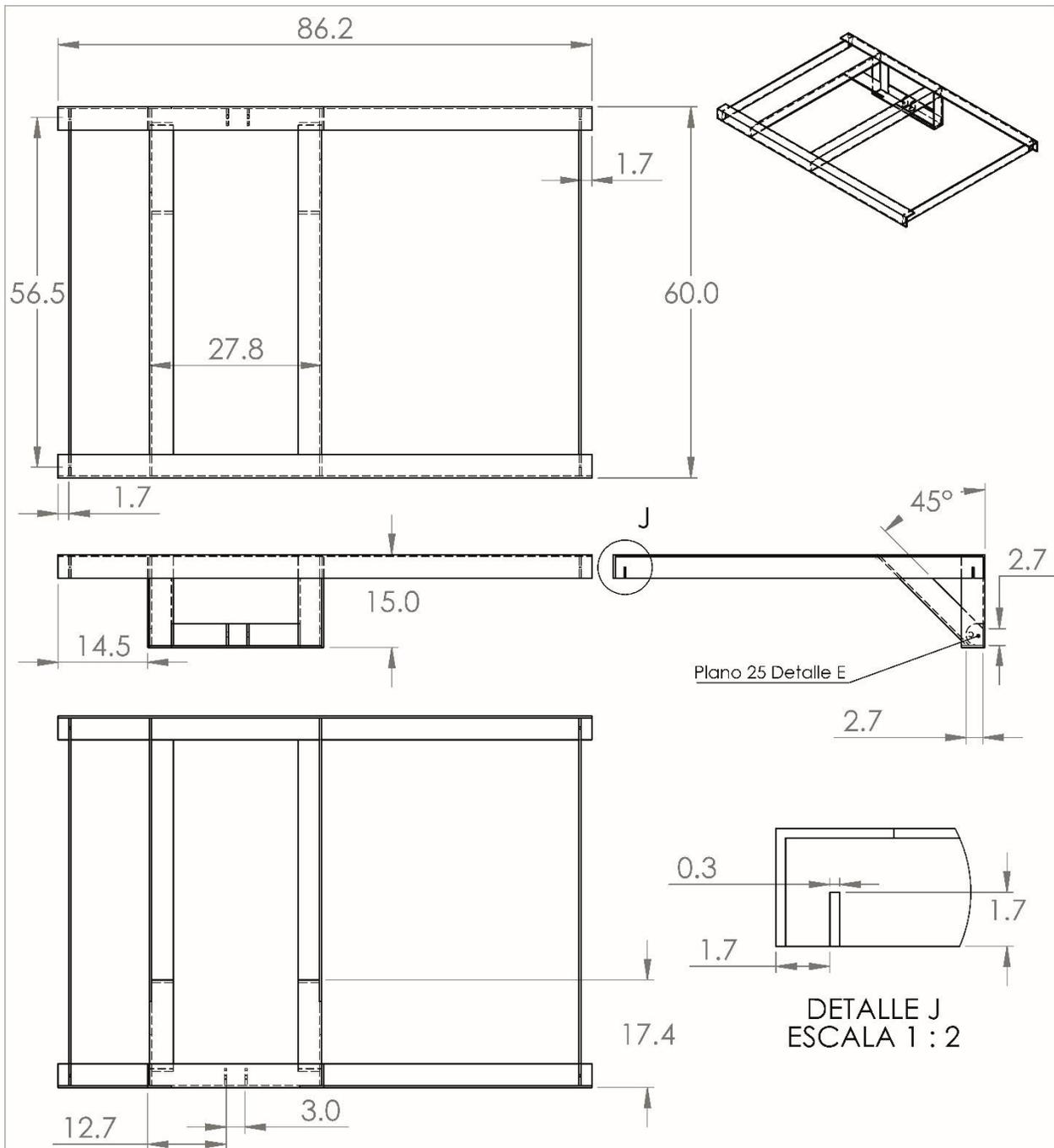
Unidades: cm(in)

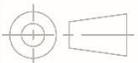
Material:
Melamina (19mm)

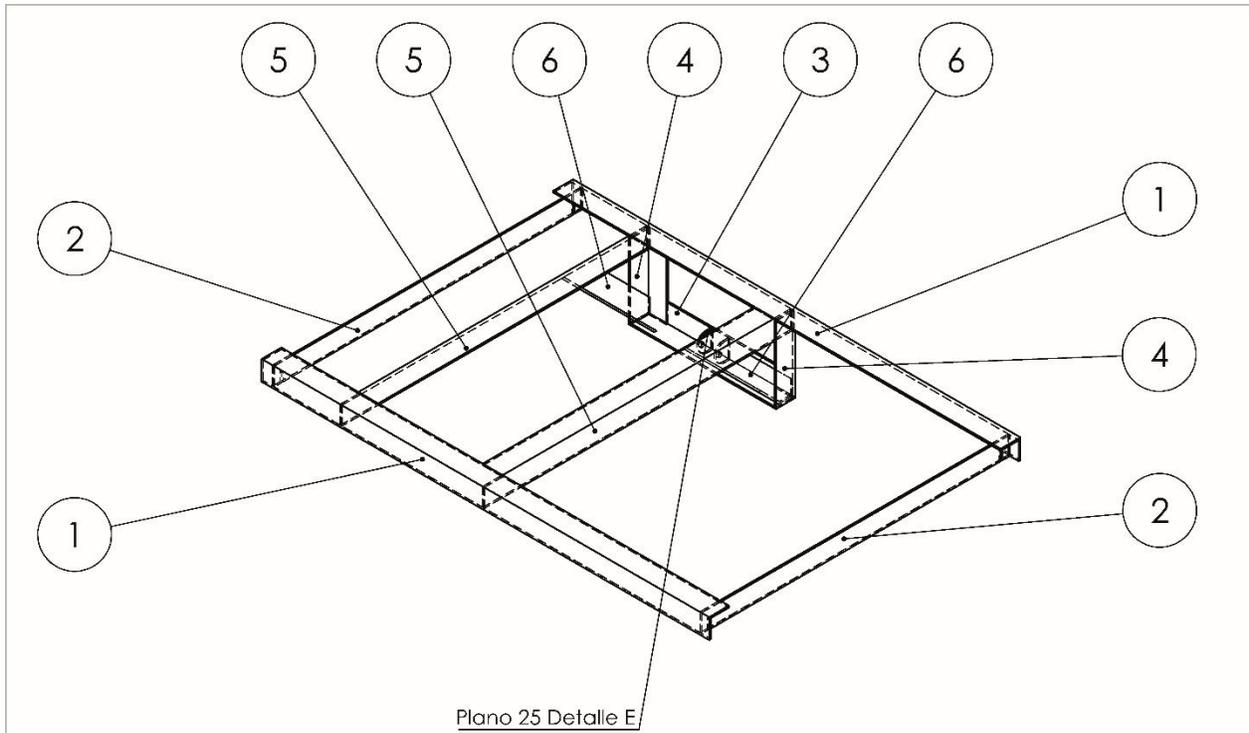
Fecha: 02/10/2023

Nº de piezas: 1

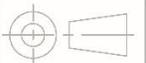
Escala: 1:10

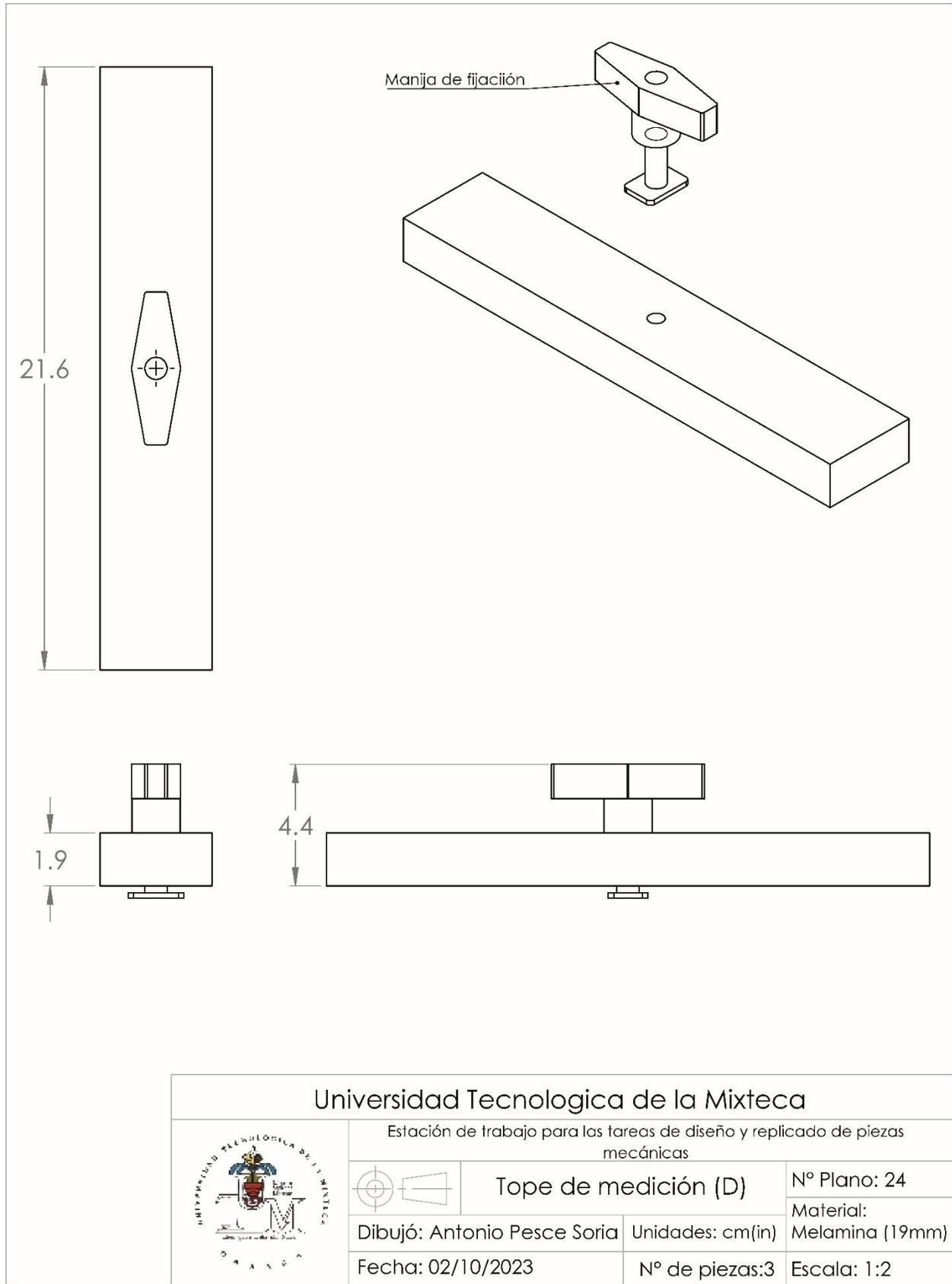


| | | | |
|---|---|--------------------------------|------------------|
| Universidad Tecnológica de la Mixteca | | | |
| Estación de trabajo para las tareas de diseño y replicado de piezas mecánicas | | | |
|  |  | Estructura Modulo 2 (C) | Nº Plano: 22 |
| | Dibujó: Antonio Pesce Soria | | Unidades: cm(in) |
| | Material: Perfil angular de 1.5" x 1.5" | | |
| Fecha: 02/10/2023 | | Nº de piezas:1 | Escala: 1:10 |



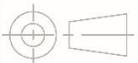
| N° DE ELEMENTO | CANTIDAD | LONGITUD | MATERIAL |
|----------------|----------|----------|----------------------------|
| 1 | 2 | 86.2 | Perfil angular 1.5" x 1.5" |
| 2 | 2 | 59.4 | Solera (1/2 x 1/8) |
| 3 | 1 | 27.8 | Perfil angular 1.5" x 1.5" |
| 4 | 2 | 14.7 | Perfil angular 1.5" x 1.5" |
| 5 | 2 | 59.3 | Perfil angular 1.5" x 1.5" |

| | | | | |
|---|---|--------------------------------|------------------|---|
| Universidad Tecnológica de la Mixteca | | | | |
| Estación de trabajo para las tareas de diseño y replicado de piezas mecánicas | | | | |
|  |  | Piezas Estructura Modulo 2 (C) | N° Plano: 23 | |
| | Dibujó: Antonio Pesce Soria | | Unidades: cm(in) | Material: Perfil angular de 1.5" x 1.5" |
| | Fecha: 02/10/2023 | | N° de piezas:1 | Escala: 1:10 |



Universidad Tecnológica de la Mixteca

Estación de trabajo para las tareas de diseño y replicado de piezas mecánicas



Tope de medición (D)

Nº Plano: 24

Dibujó: Antonio Pesce Soria

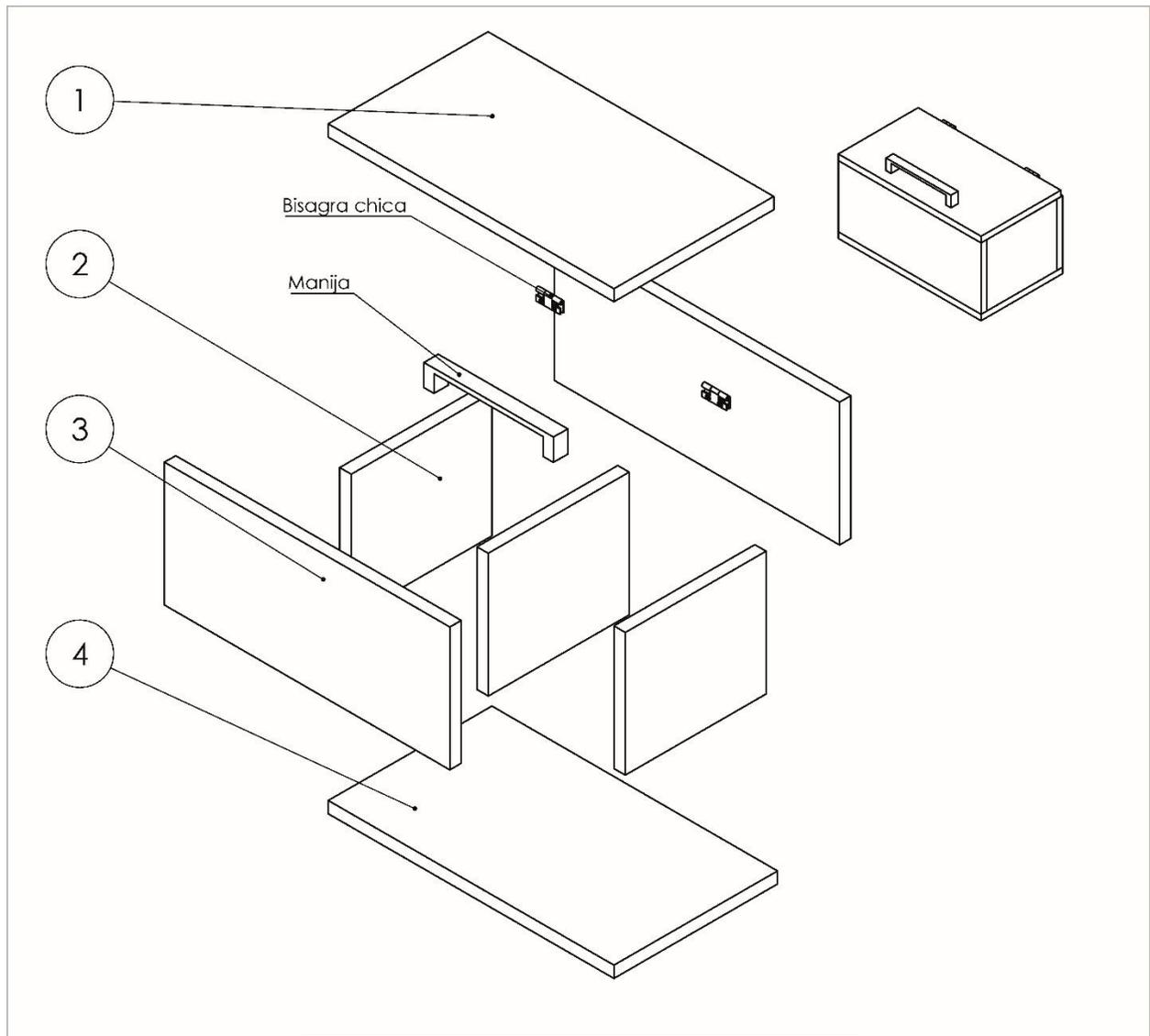
Unidades: cm(in)

Material:
Melamina (19mm)

Fecha: 02/10/2023

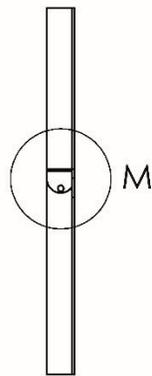
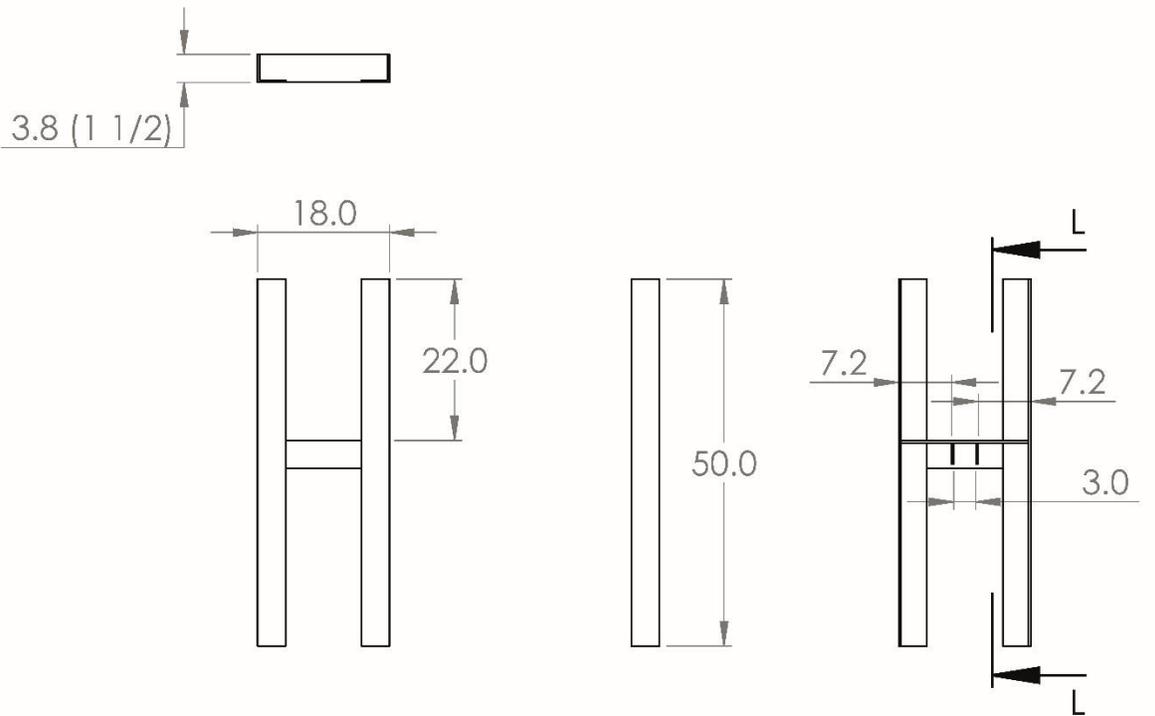
Nº de piezas:3

Escala: 1:2

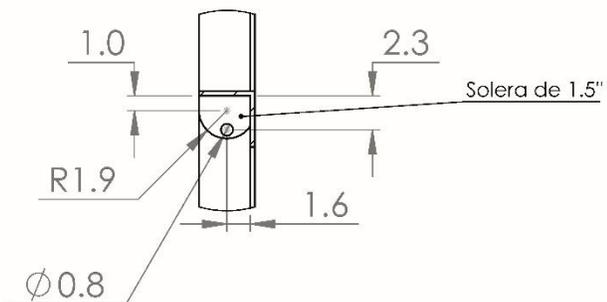


| Nº DE ELEMENTO | CANTIDAD | MEDIDAS |
|----------------|----------|---------|
| 1 | 1 | 30x16.8 |
| 2 | 3 | 14.8x13 |
| 3 | 2 | 30x13 |
| 4 | 1 | 30x17.2 |

| | | | | |
|---|---|----------------------------|------------------|---------------------------|
| Universidad Tecnológica de la Mixteca | | | | |
| Estación de trabajo para las tareas de diseño y replicado de piezas mecánicas | | | | |
|  |  | Cajon de piezas (E) | Nº Plano: 25 | |
| | Dibujó: Antonio Pesce Soria | | Unidades: cm(in) | Material: Melamina (12mm) |
| | Fecha: 02/10/2023 | | Nº de piezas:1 | Escala: 1:5 |



SECCIÓN L-L



DETALLE M
ESCALA 1 : 5

Universidad Tecnológica de la Mixteca

Estación de trabajo para las tareas de diseño y replicado de piezas mecánicas



Soporte de base de Medición
(F)

N° Plano: 26

Dibujó: Antonio Pesce Soria

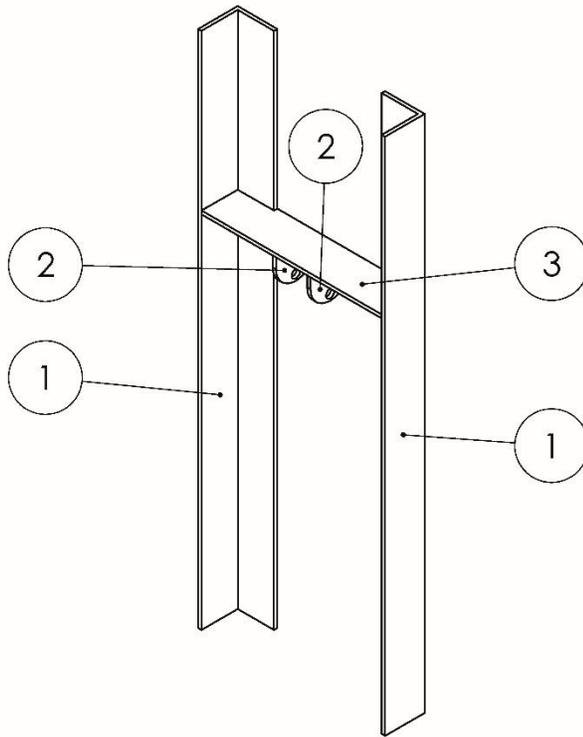
Unidades: cm(in)

Material: Perfil angular de 1.5" x 1.5"

Fecha: 02/10/2023

N° de piezas: 1

Escala: 1:10



| N.º DE ELEMENTO | CANTIDAD | MATERIAL | LONGITUD |
|-----------------|----------|--------------------------|----------|
| 1 | 2 | Perfil angular 1.5"x1.5" | 50 |
| 2 | 2 | Solera (1/2x 1/8) | |
| 3 | 1 | Perfil angular 1.5"x1.5" | 17.4 |

Universidad Tecnológica de la Mixteca



Estación de trabajo para las tareas de diseño y replicado de piezas mecánicas



Piezas de Soporte de Mesa de Medicion (F)

Nº Plano: 27

Dibujó: Antonio Pesce Soria

Unidades: cm(in)

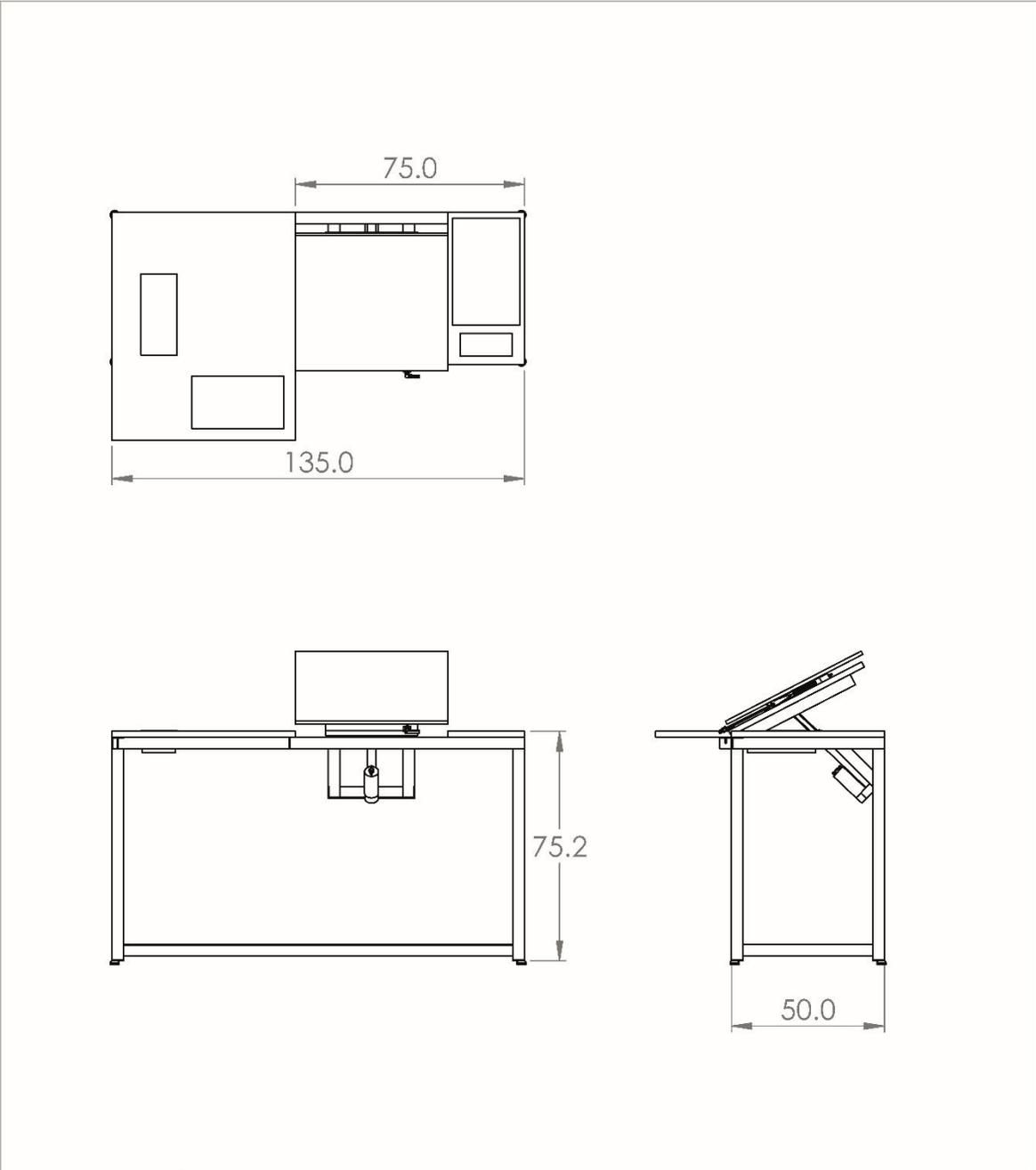
Material: Perfil angular de 1.5" x 1.5"

Fecha: 02/10/2023

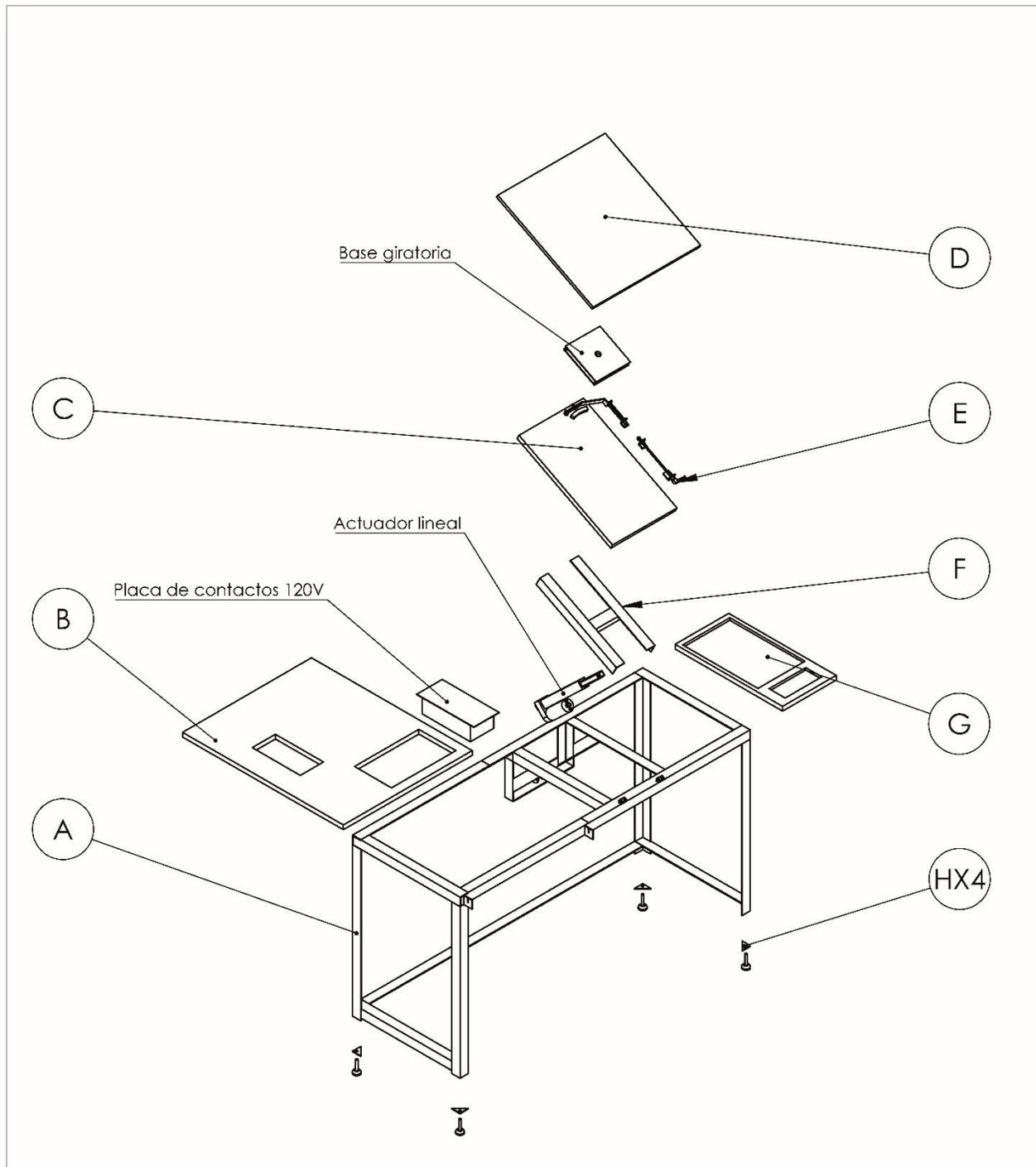
Nº de piezas: 1

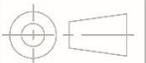
Escala: 1:5

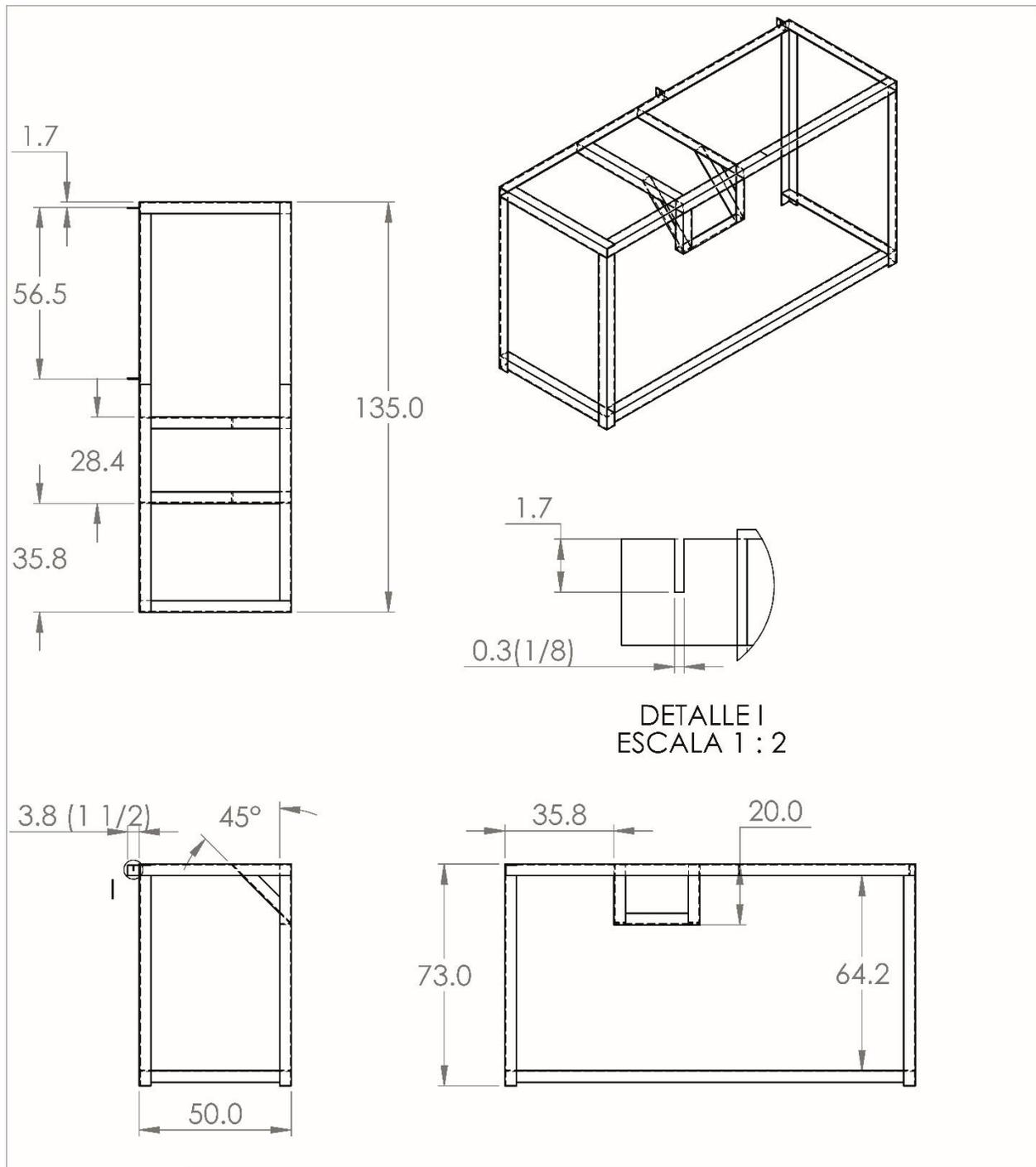
Planos industriales del módulo 1



| | | | |
|---|---|-----------------|------------------|
| Universidad Tecnológica de la Mixteca Estación de trabajo para las tareas de diseño y replicado de piezas mecánicas | | | |
|  |  | Modulo 3 | N° Plano: 28 |
| | Dibujó: Antonio Pesce Soria | | Unidades: cm(in) |
| | Fecha: 02/10/2023 | | N° de piezas: 1 |

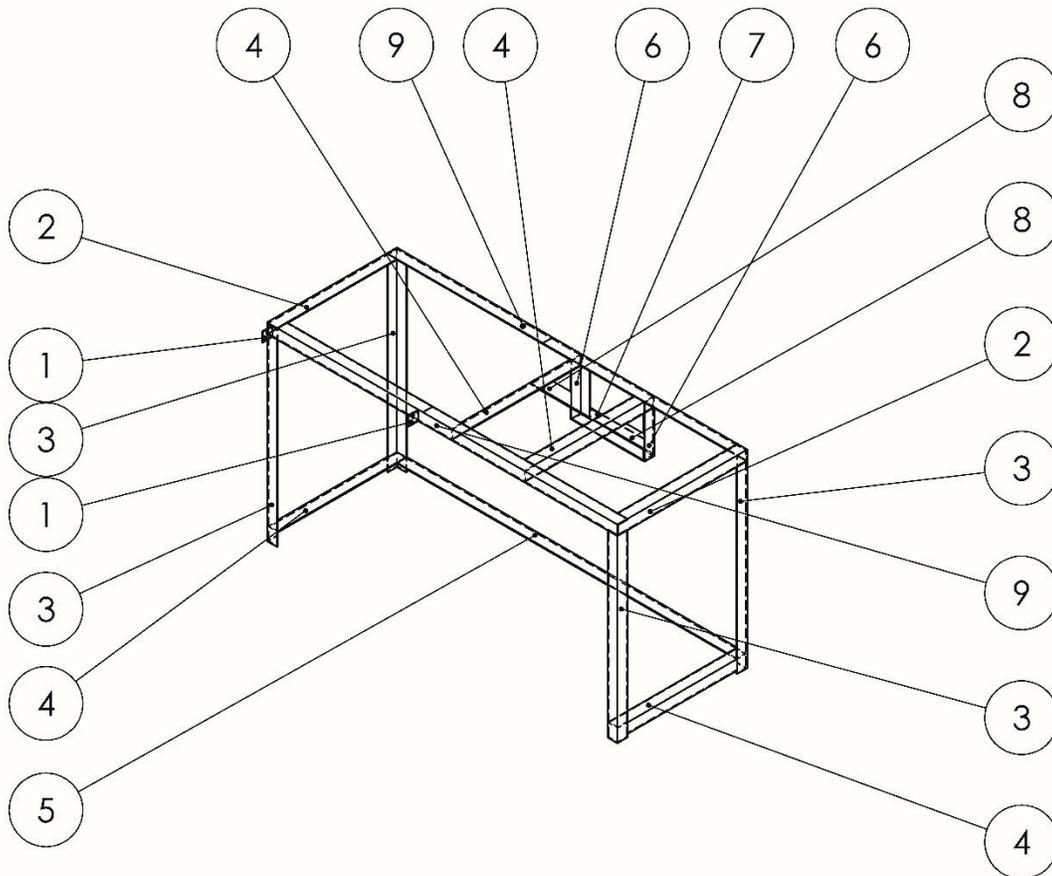


| | | | | |
|---|---|---------------------------|------------------|--------------|
| Universidad Tecnológica de la Mixteca | | | | |
| Estación de trabajo para las tareas de diseño y replicado de piezas mecánicas | | | | |
|  |  | Explosivo Modulo 3 | N° Plano: 29 | |
| | Dibujó: Antonio Pesce Soria | | Unidades: cm(in) | Material: |
| | Fecha: 02/10/2023 | | N° de piezas:14 | Escala: 1:20 |



DETALLE I
ESCALA 1 : 2

| | | | |
|---|---|--------------------------------|--------------------------------------|
| Universidad Tecnológica de la Mixteca | | | |
| Estación de trabajo para las tareas de diseño y replicado de piezas mecánicas | | | |
|  |  | Estructura Modulo 3 (A) | Nº Plano: 30 |
| | Dibujó: Antonio Pesce Soria | Unidades: cm(in) | Material: Perfil angular 1.5" x 1.5" |
| | Fecha: 02/10/2023 | Nº de piezas:20 | Escala: 1:20 |



| Nº DE ELEMENTO | CANTIDAD | LONGITUD | MATERIAL |
|----------------|----------|----------|----------------------------|
| 1 | 2 | 3.8 | Solera (1/2 x 1/8) |
| 2 | 2 | 49.7 | Perfil angular 1.5" x 1.5" |
| 3 | 4 | 69.2 | Perfil angular 1.5" x 1.5" |
| 4 | 4 | 49.4 | Perfil angular 1.5" x 1.5" |
| 5 | 1 | 127.4 | Perfil angular 1.5" x 1.5" |
| 6 | 2 | 19.7 | Perfil angular 1.5" x 1.5" |
| 7 | 1 | 27.8 | Perfil angular 1.5" x 1.5" |
| 8 | 2 | 27.4 | Perfil angular 1.5" x 1.5" |
| 9 | 2 | 134.7 | Perfil angular 1.5" x 1.5" |

Universidad Tecnológica de la Mixteca

Estación de trabajo para las tareas de diseño y replicado de piezas mecánicas



Piezas Estructura Modulo 3 (A)

Nº Plano: 31

Dibujó: Antonio Pesce Soria

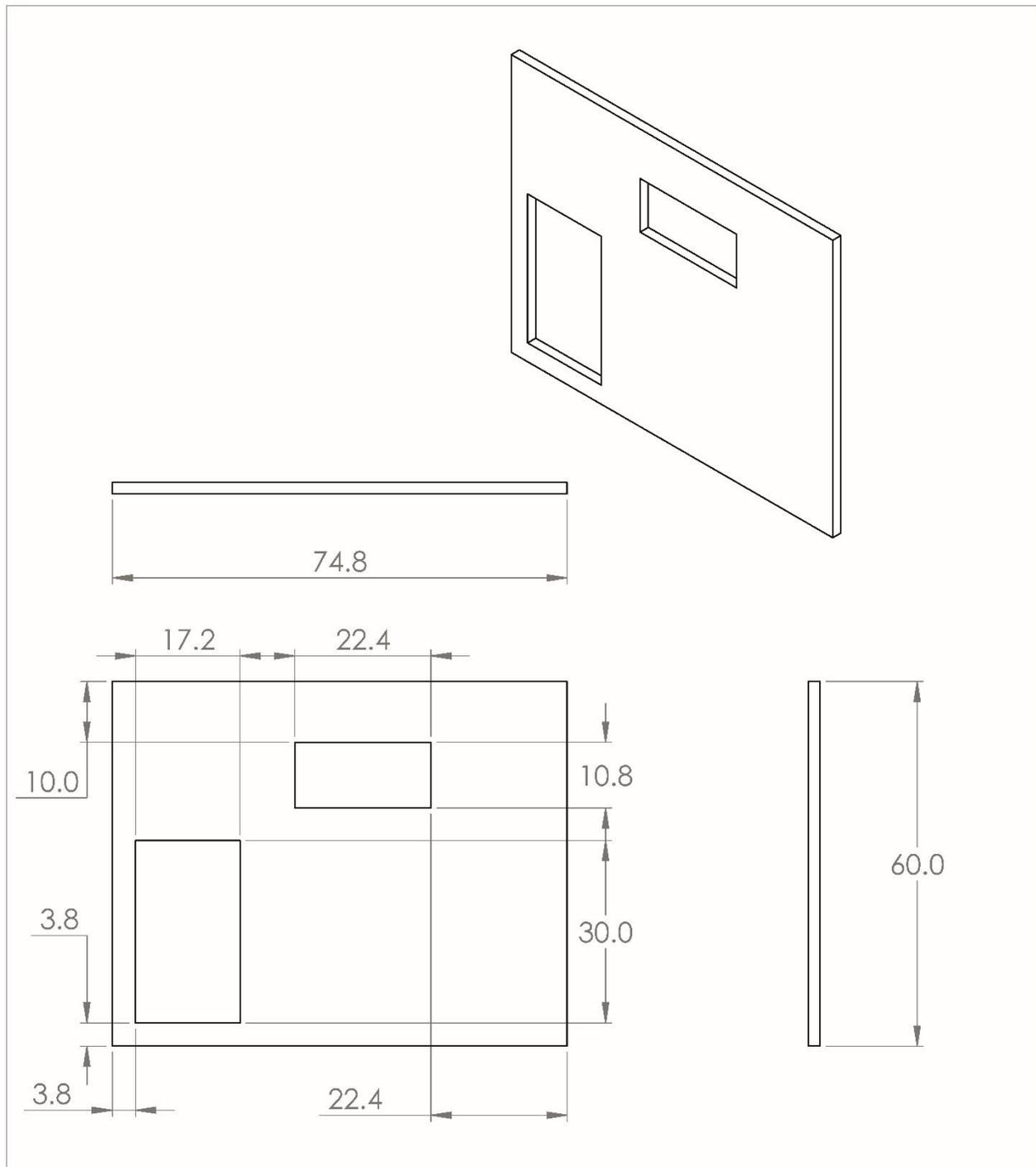
Unidades: cm(in)

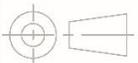
Material: Perfil angular 1.5" x 1.5"

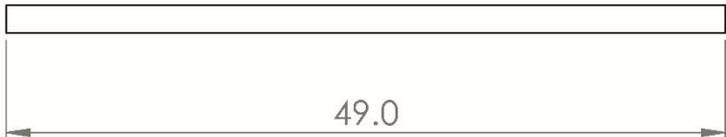
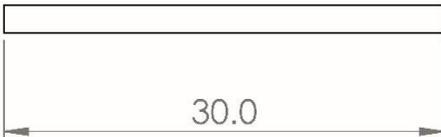
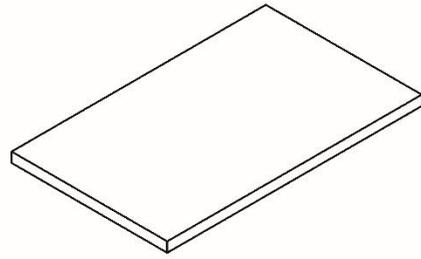
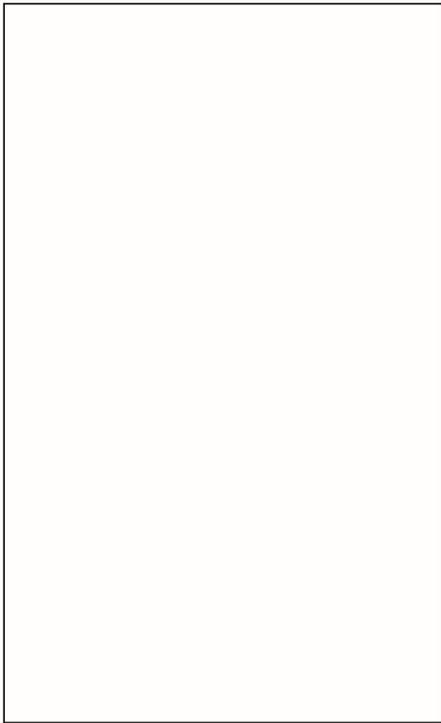
Fecha: 02/10/2023

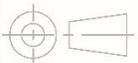
Nº de piezas:20

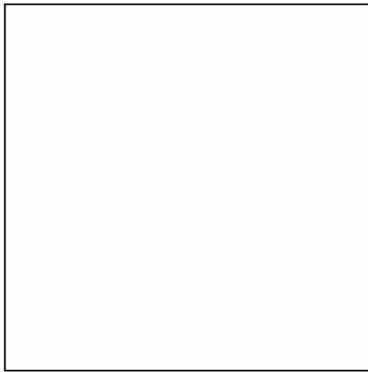
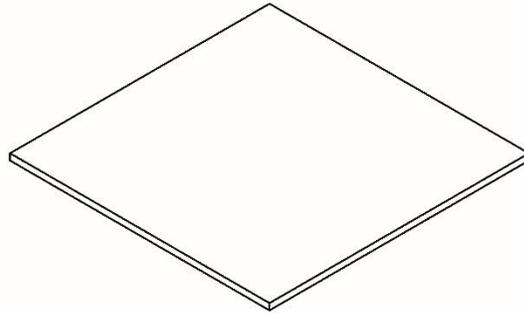
Escala: 1:20



| | | | | |
|---|---|---|---------------------------|--------------|
| Universidad Tecnológica de la Mixteca | | | | |
| Estación de trabajo para las tareas de diseño y replicado de piezas mecánicas | | | | |
|  |  | Superficie de carga y almacenamiento (B) | N° Plano: 32 | |
| | Dibujó: Antonio Pesce Soria | | Material: Melamina (19mm) | |
| | Fecha: 02/10/2023 | | Unidades: cm(in) | Escala: 1:10 |
| | | | N° de piezas: 1 | |



| Universidad Tecnológica de la Mixteca | | | |
|---|---|--------------------|---------------------------|
|  | Estación de trabajo para las tareas de diseño y replicado de piezas mecánicas | | |
| |  | Base de dibujo (C) | Nº Plano: 33 |
| | Dibujó: Antonio Pesce Soria | Unidades: cm(in) | Material: Melamina (19mm) |
| | Fecha: 02/10/2023 | Nº de piezas:1 | Escala: 1:5 |



Universidad Tecnológica de la Mixteca

Estación de trabajo para las tareas de diseño y replicado de piezas mecánicas



Superficie de dibujo (D)

N° Plano: 34

Dibujó: Antonio Pesce Soria

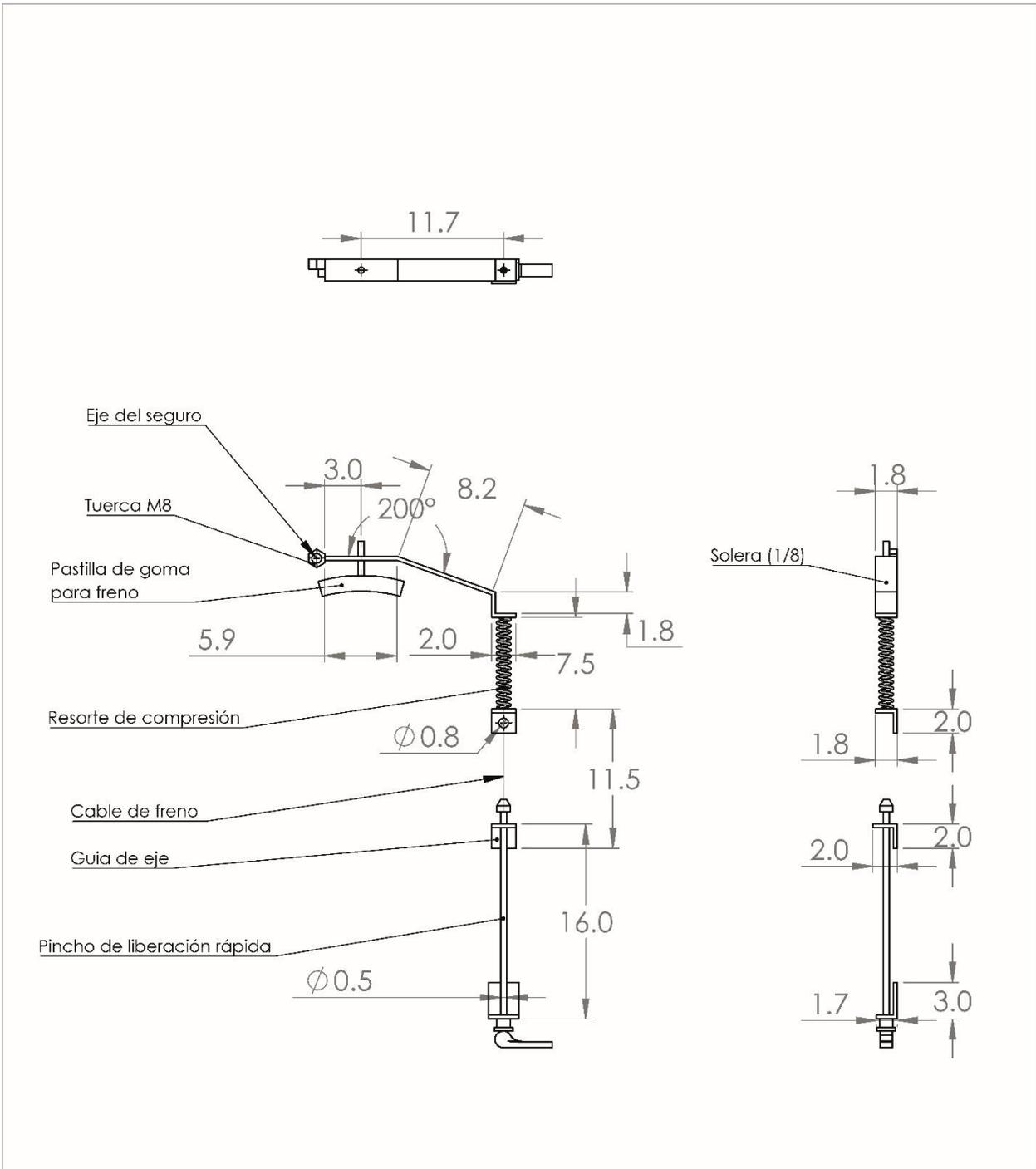
Unidades: cm(in)

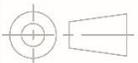
Material:
Melamina (12mm)

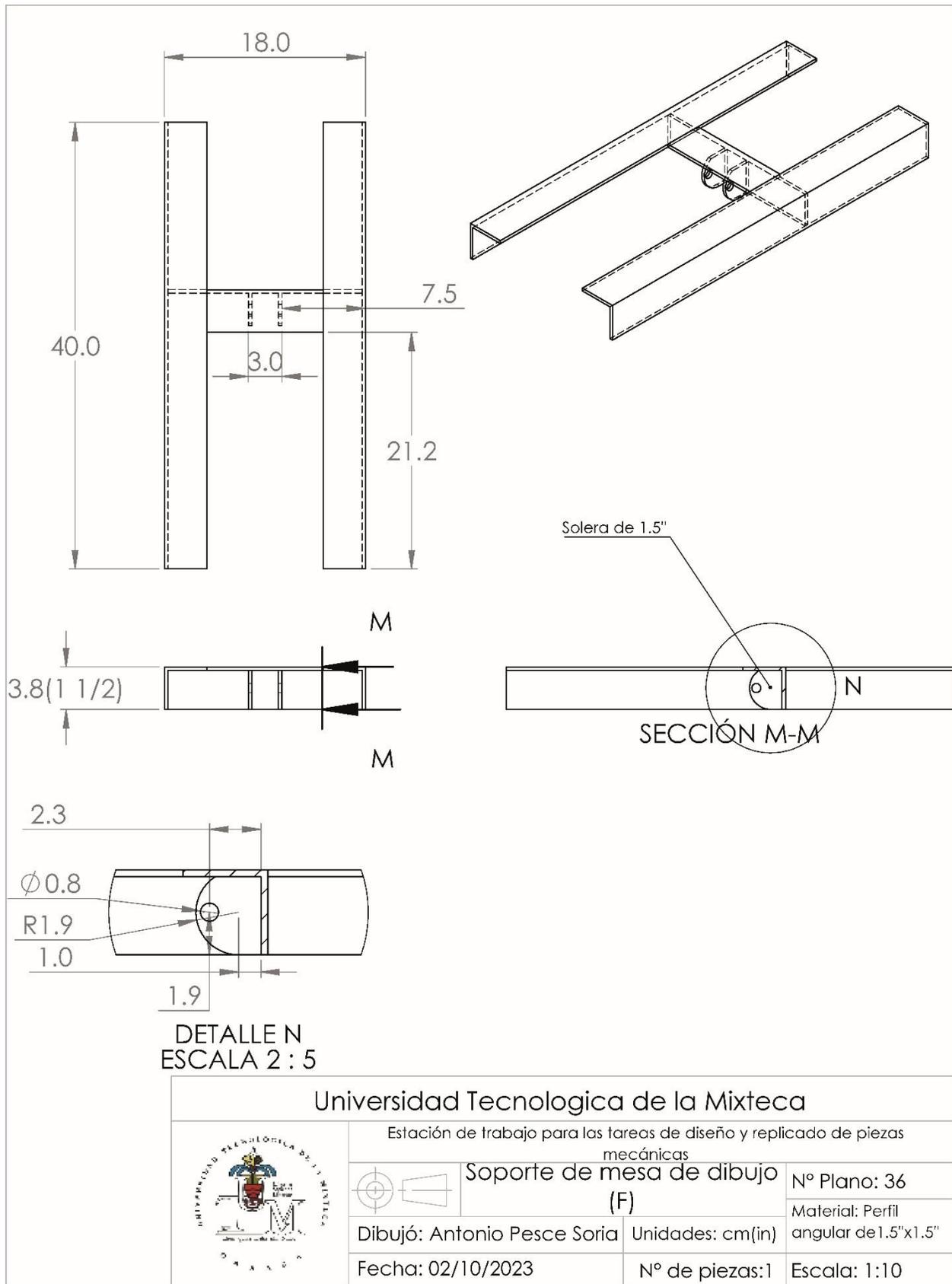
Fecha: 02/10/2023

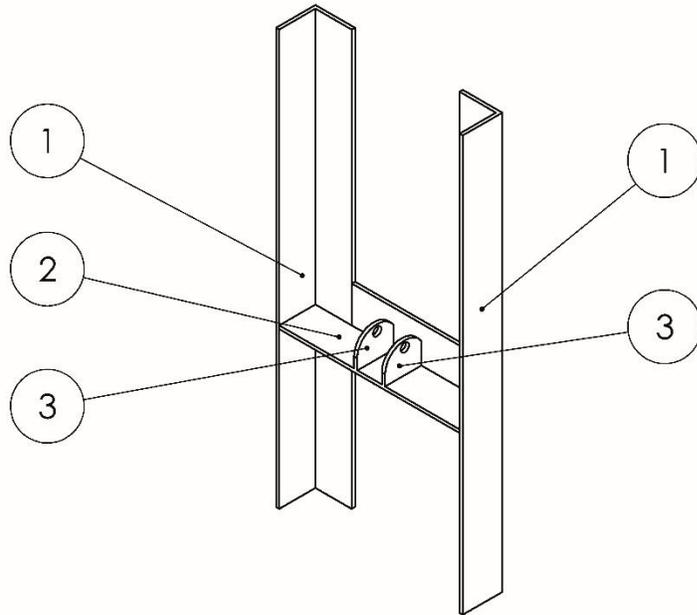
N° de piezas: 1

Escala: 1:10



| | | | | |
|---|---|-----------------------------|------------------|-------------|
| Universidad Tecnológica de la Mixteca | | | | |
| Estación de trabajo para las tareas de diseño y replicado de piezas mecánicas | | | | |
|  |  | Seguro de dibujo (E) | N° Plano: 35 | |
| | Dibujó: Antonio Pesce Soria | | Unidades: cm(in) | Material: |
| | Fecha: 02/10/2023 | | N° de piezas: 1 | Escala: 1:5 |

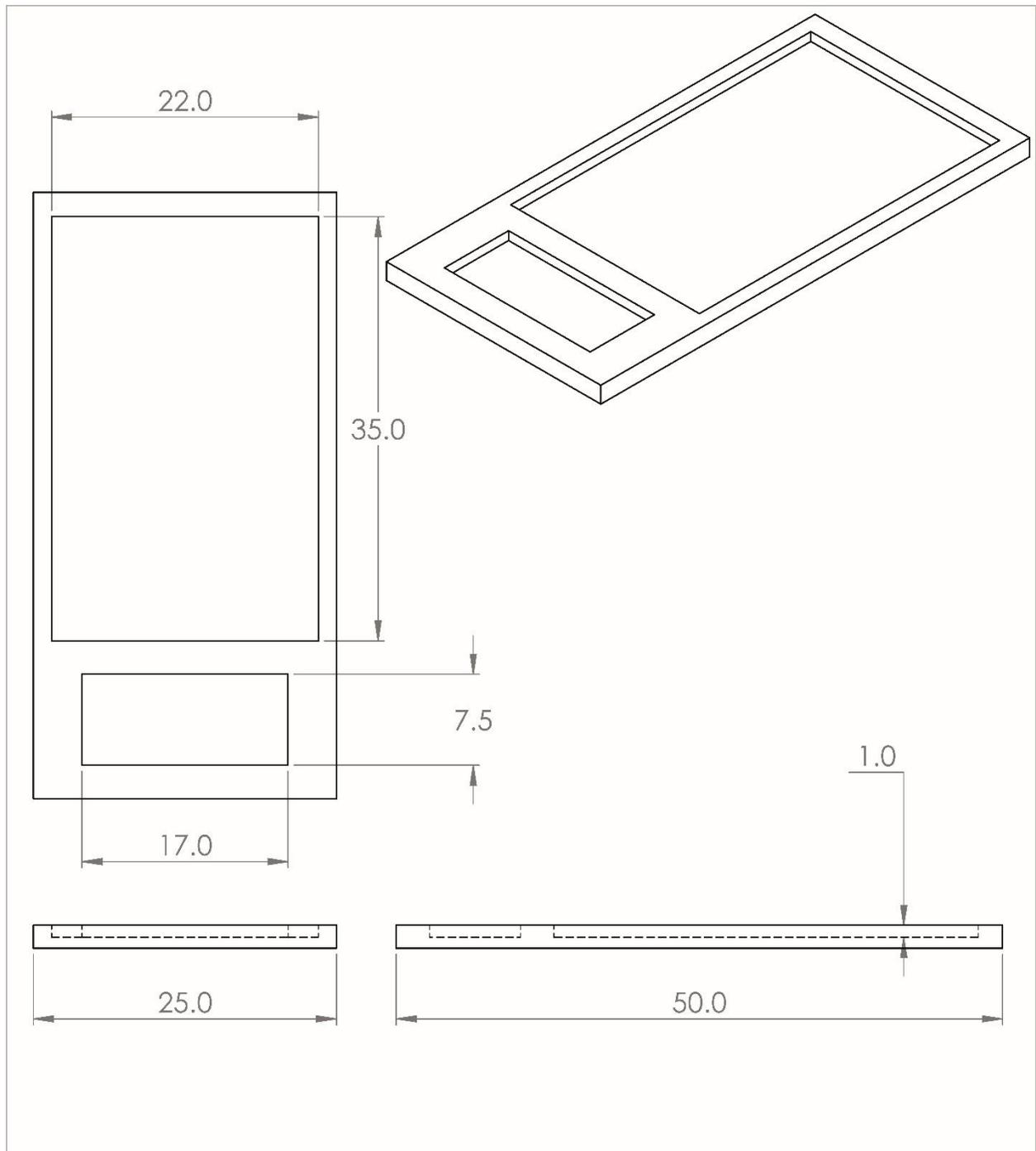




| N.º DE ELEMENTO | CANTIDAD | MATERIAL | LONGITUD |
|-----------------|----------|--------------------------|----------|
| 1 | 2 | Perfil angular 1.5"x1.5" | 40 |
| 2 | 2 | Perfil angular 1.5"x1.5" | 17.4 |
| 3 | 2 | Solera (1/2x 1/8) | |

Universidad Tecnológica de la Mixteca

| | | | |
|---|---|---|---|
|  | Estación de trabajo para las tareas de diseño y replicado de piezas mecánicas | | |
| |  | Piezas de Soporte de mesa de dibujo (F) | Nº Plano: 37 |
| | Dibujó: Antonio Pesce Soria | Unidades: cm(in) | Material: Perfil angular de 1.5" x 1.5" |
| | Fecha: 02/10/2023 | Nº de piezas: 1 | Escala: 1:5 |

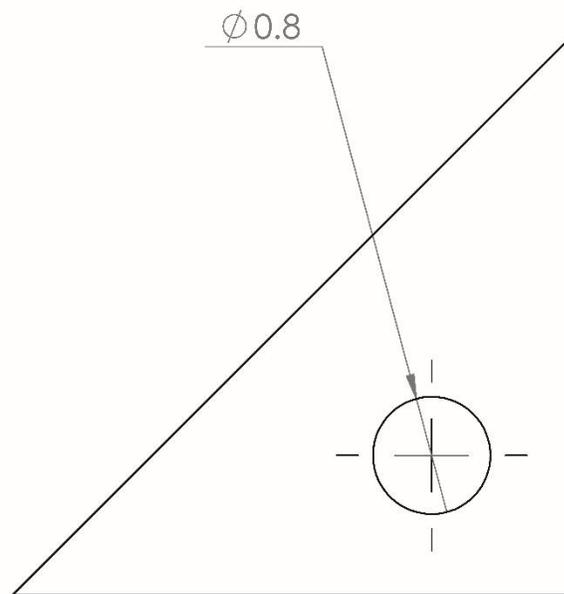


| | | | | |
|---|---|-----------------------------------|------------------|------------------------------|
| Universidad Tecnológica de la Mixteca | | | | |
| Estación de trabajo para las tareas de diseño y replicado de piezas mecánicas | | | | |
|  |  | Bandeja de herramientas(G) | N° Plano: 38 | |
| | Dibujó: Antonio Pesce Soria | | Unidades: cm(in) | Material: Melamina (19mm) |
| | Fecha: 02/10/2023 | | N° de piezas:1 | Escala: 1:5 |

3.8(1 1/2)



3.8(1 1/2)



Universidad Tecnológica de la Mixteca

Estación de trabajo para las tareas de diseño y replicado de piezas mecánicas



Tapon de perfil angular (H)

N° Plano: 39

Dibujó: Antonio Pesce Soria

Unidades: cm(in)

Material:
Solera de 1.5"

Fecha: 02/10/2023

N° de piezas:4

Escala: 2:1