



# MÁSTER INGENIERÍA INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE MÁSTER

Diseño y desarrollo de un taller de reciclaje de plásticos en Mongo, Región de Guèra, Chad

Autor: Joaquín Rubio Fernández

Director: Carlos Ruiz Díez

Co-Director: Carlos Sanjuán Ruiz

Madrid

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título  
Diseño y desarrollo de un taller de reciclaje de plásticos en Mongo, Región de Guèra, Chad  
en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el  
curso académico 2024/25 es de mi autoría, original e inédito y  
no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos.

El Proyecto no es plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido  
tomada de otros documentos está debidamente referenciada.



Fdo.: Joaquín Rubio Fernández

Fecha: 16/01/2025

Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO



Fdo.: Carlos Ruiz Díez

Fecha: 16/ 01/ 2025





# MÁSTER INGENIERÍA INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE GRADO

Diseño y desarrollo de un taller de reciclaje de  
plásticos en Mongo, Región de Guèra, Chad

Autor: Joaquín Rubio Fernández

Director: Carlos Ruiz Díez

Co-Director: Carlos Sanjuán Ruiz

Madrid

# Agradecimientos

El desarrollo de este proyecto ha sido posible gracias a una gran cantidad de personas e instituciones. Por ello creo que está más que merecido dedicarles unas pocas palabras:

Mamá, papá gracias por apoyarme en todos los aspectos de mi vida y permitirme vivirla al 100%, aunque esto a veces os genere miedo e inseguridades.

Carlos, la mente de esta gran aventura, gracias por permitirme la oportunidad de poder realizar un proyecto de ingeniería de verdad. Gracias por cuidarme y permitir que forme parte de la gran aventura que fue tu etapa en Mongo.

Sanjuan, gracias por ser el inventor y el salvador del grupo. Sin tu incorporación ese eje de la trituradora nunca habría llegado a tiempo. Gracias por aportar ese grado de experiencia y maña que tantas veces hizo falta.

Mahamat, gracias por abrirme tu casa, por enseñarme tantas cosas sin necesidad de hablar el mismo idioma. Gracias por demostrar que los grandes profesionales nunca paran de aprender y que la actitud frente a las dificultades es lo más importante.

Gracias al Colegio de Ingenieros de ICAI por la ayuda económica y el apoyo que nos han dado para poder llevar a cabo este proyecto.



# **DISEÑO Y DESARROLLO DE UN TALLER DE RECICLAJE DE PLÁSTICOS EN MONGO, REGIÓN DE GUÈRA, CHAD**

**Autor: Rubio Fernández, Joaquín.**

Director: Ruiz Díez, Carlos.

Entidad Colaboradora: Colegio Ingenieros ICAI y Foi et Joie

## **RESUMEN DEL PROYECTO**

El presente proyecto se centra en el diseño, desarrollo e implementación de un taller de reciclaje de plásticos en Mongo, ciudad de la región de Guera, Chad. Se encuentra en la zona del Sahel, una región que enfrenta serios problemas de acumulación de residuos plásticos debido a la falta de infraestructura adecuada para su gestión. Esta situación ha generado impactos ambientales y sanitarios significativos, como la contaminación del aire, el suelo y el agua, además de contribuir al deterioro visual de los espacios urbanos y rurales. Gran parte de estos residuos se elimina mediante quema al aire libre, lo que libera compuestos tóxicos que afectan la salud de los habitantes y el equilibrio ambiental. En este contexto, el proyecto propone una solución sostenible que fomente el reciclaje como una alternativa viable, utilizando tecnologías accesibles y adaptadas a las condiciones locales, con el objetivo de transformar los residuos en productos útiles y valiosos para la comunidad.

El proyecto integra tecnologías semiindustriales y artesanales para procesar diferentes tipos de plásticos, con un enfoque en el reciclaje mecánico y la reutilización creativa. Entre las soluciones implementadas se encuentran prensas metálicas calentadas mediante fuentes de energía localmente disponibles, como el fuego o ascuas, así como prensas solares que aprovechan la energía solar. Estas herramientas permiten fabricar productos como azulejos, ladrillos y elementos de mobiliario, utilizando recursos locales combinados con fragmentos de plástico reciclado. Además, el proyecto incluye tecnologías como trituradoras, prensas de calor e inyectoras diseñadas para facilitar la clasificación, trituración y moldeo de plásticos, ofreciendo una solución integral y adaptable.

Como se ha comentado anteriormente la región de Mongo enfrenta una creciente acumulación de residuos plásticos debido al aumento del consumo de productos desechables y la falta de sistemas de gestión de desechos. La ausencia de infraestructura adecuada para la recolección y el tratamiento de residuos ha llevado a que grandes cantidades de plásticos terminen en vertederos informales, ríos y espacios abiertos. Esto no solo degrada el entorno natural, sino que también representa riesgos significativos para la salud de la población, especialmente para aquellos expuestos a la quema de plásticos y sus emisiones tóxicas.

En este contexto, el proyecto busca abordar estos desafíos mediante la creación de un taller de reciclaje que no solo reduzca la cantidad de residuos plásticos en el medio ambiente, sino que también genere productos con valor agregado, fomente la creación de empleo y promueva la concienciación ambiental entre los habitantes de la región. El proyecto también pretende contribuir a la economía circular, promoviendo la reutilización de materiales y reduciendo la dependencia de recursos vírgenes.

El proyecto tiene como objetivos principales:

- Reducir la acumulación de residuos plásticos en la región mediante la implementación de sistemas de reciclaje accesibles y sostenibles.
- Diseñar e implementar un taller de reciclaje equipado con tecnologías adaptadas a las condiciones locales.
- Capacitar a la comunidad local en prácticas de reciclaje, clasificación de plásticos y economía circular.
- Producir productos útiles y comercializables a partir de residuos plásticos reciclados, como ladrillos, azulejos y piezas de mobiliario.
- Promover la sensibilización ambiental y el cambio cultural hacia prácticas sostenibles en la gestión de residuos.
- Contribuir al logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), especialmente los relacionados con producción y consumo responsables, trabajo decente y crecimiento económico, e infraestructura sostenible.

El taller de reciclaje está equipado con una variedad de máquinas y herramientas diseñadas para procesar plásticos de manera eficiente y sostenible. Estas incluyen:

- Trituradora: diseñada para procesar plásticos previamente clasificados en pequeños fragmentos, facilitando su reutilización en diferentes aplicaciones.



*Ilustración 1. Trituradora.*

- Prensa de calor: utilizada para fabricar planchas de plástico que pueden ser transformadas en productos como azulejos y elementos de mobiliario.



*Ilustración 2. Prensa de calor.*

- Inyectora: permite la producción de piezas de geometrías complejas mediante el uso de moldes personalizados.



*Ilustración 3. Inyectora.*

- Prensa Solar: aprovecha la energía solar para el calentamiento de moldes, reduciendo la dependencia de combustibles fósiles y promoviendo el uso de energías renovables.



*Ilustración 4. Prensa solar.*

Estas máquinas fueron diseñadas e implementadas combinando materiales locales y componentes específicos importados, garantizando su funcionalidad y adaptabilidad a las condiciones de la región.

El desarrollo del proyecto se estructuró en varias fases, cada una de las cuales fue diseñada para abordar los desafíos específicos de la región y garantizar la sostenibilidad del taller:

- **Investigación inicial:** se realizó un análisis detallado de la situación local, incluyendo la disponibilidad de recursos, las características de los residuos plásticos y las necesidades de la comunidad. También se crearon y adaptaron planos de maquinaria recicladora proporcionados por la plataforma Precious Plastic, realizando ajustes según los recursos disponibles.

Durante esta fase se analizaron proyectos que se estaban desarrollando alrededor del mundo a modo de inspiración, se encontraron comunidades de Nigeria o Camerún que están recogiendo plástico de sus calles y que tras un procesado similar al que se desea realizar, han comenzado a crear ladrillos para escuelas o materia prima para las impresoras 3D.

- **Diseño y fabricación:** se construyeron las máquinas clave del taller utilizando materiales locales y tecnologías accesibles. Este proceso incluyó la colaboración con trabajadores locales y la capacitación en técnicas de fabricación y mantenimiento.

En esta etapa del proyecto, lo primordial fue el análisis individualizado de cada una de las máquinas que se quería construir; analizar que se podía comprar en Mongo, que se podía comprar en Yamena, que había que traer desde España. Una vez se tuvo claro, se pasó a diseñar mediante SolidWorks los componentes que se debían fabricar en España, para después contactar con las empresas y fabricarlo a tiempo. Otra de las cosas clave fue el diseño y compra de los componentes eléctricos y electrónicos. Debido a la baja industrialización de Chad es difícil obtener estos componentes en el país, por ello se optó por la compra en España y el transporte a Mongo. Para el futuro del proyecto se han encontrado proveedores de componentes en Camerún, donde suele ser más sencillo encontrar componentes industriales.

Durante el diseño de las máquinas se han tenido en consideración aspectos como la seguridad de los operarios, la optimización de los recursos disponibles o el ajustado presupuesto. La trituradora ha seguido el diseño propuesto por la comunidad de Precious Plastic, debido al grado de complejidad y a la falta de tiempo. En cambio, la inyectora y la prensa de calor han sido diseñadas y fabricadas totalmente desde cero, basándose en los diseños proporcionados por Precious Plastic, pero teniendo en cuenta los materiales y herramientas con los que se contaban. Para ello se realizaron bocetos a manos, diseños en SolidWorks, simulaciones de cargas estáticas, y el dimensionamiento térmico y eléctrico de los sistemas.

Una vez diseñado se pasó a fabricar cada uno de los componentes de las máquinas, así como su soldadura y su ensamblaje. Para esta parte se recibió la ayuda del jefe de taller de Mongo, Mahamat, el cual es un profesional que lleva toda la vida dedicándose a la fabricación y mantenimientos de equipos. Él ha permitido que el proyecto se

enriquezca de los conocimientos de una persona que realiza actividades increíbles con recursos muy limitados.

- **Capacitación comunitaria:** se llevaron a cabo talleres de formación para enseñar a los habitantes sobre la clasificación de plásticos, el manejo de maquinaria y los principios de economía circular. Además, se instruyó a los participantes en métodos de identificación de plásticos, con la prueba de flotabilidad y el análisis del color de la llama durante la combustión.

Este proyecto se está llevando a las escuelas para fomentar la filosofía del reciclaje entre los más pequeños. Así como el espíritu de la ingeniería y del emprendimiento.

- **Producción piloto:** se inició la producción de prototipos de productos reciclados para evaluar la eficiencia de las máquinas y la calidad de los productos finales. Una vez analizados, se propusieron algunos cambios para la optimización del proceso. Algunos de estos cambios fueron, la sustitución del motor de combustión de la trituradora por un motor eléctrico, o la mejor distribución de las resistencias a lo largo de la superficie de la plancha en la prensa de calor.
- **Operación:** el taller comenzó a operar a plena capacidad, procesando aproximadamente 50 kg de plástico a la semana.

El desarrollo del proyecto piloto, que abarca tanto la creación del taller como la implementación de sus distintas herramientas y procesos, ha generado un impacto positivo, aunque limitado, en esta fase inicial.

Desde el punto de vista social, el taller ha proporcionado un espacio de aprendizaje y colaboración que fomenta la formación técnica y la capacitación práctica de sus participantes. Esto no solo mejora las competencias laborales de los involucrados, sino que también crea conciencia sobre la importancia de aplicar soluciones tecnológicas en problemas cotidianos, como la gestión de residuos y la optimización de procesos productivos.

En cuanto al impacto ambiental, el taller ha permitido la implementación de métodos más sostenibles para el manejo y transformación de materiales, contribuyendo a la reducción de desechos y a un aprovechamiento más eficiente de los recursos. La promoción de prácticas como la reparación, la reutilización y el reciclaje, derivadas del conjunto de actividades desarrolladas en el taller, se alinea con los principios de la economía circular y plantea una alternativa a la cultura del desecho. Aunque los efectos a gran escala son modestos, el proyecto establece las bases para futuras iniciativas más amplias.

Desde una perspectiva económica, el proyecto piloto ha demostrado ser una inversión estratégica al introducir soluciones tecnológicas accesibles y efectivas, que optimizan procesos y reducen costos operativos en diversas tareas. Además, el taller genera un entorno propicio para el desarrollo de nuevas ideas y prototipos que podrían tener aplicaciones comerciales en el futuro, abriendo oportunidades para la innovación y el emprendimiento en la comunidad local.

En resumen, este proyecto piloto no solo ha servido como una prueba de concepto para el desarrollo de tecnologías prácticas y sostenibles, sino que también ha tenido un impacto

positivo en la comunidad. A pesar de su escala limitada, representa un modelo replicable con el potencial de generar beneficios sociales, ambientales y económicos más significativos en contextos más amplios.

## **DESIGN AND DEVELOPMENT OF A PLASTICS RECYCLING WORKSHOP IN MONGO, GUËRA REGION, CHAD**

**Author: Rubio Fernández, Joaquín.**

Supervisor: Ruiz Díez, Carlos.

Collaborating Entity: Colegio Ingenieros ICAI and Foi et Joie.

### **ABSTRACT**

This project focuses on the design, development, and implementation of a plastic recycling workshop in Mongo, a city in the Guera region of Chad. Located in the Sahel zone, this region faces severe plastic waste accumulation due to the lack of adequate infrastructure for its management. This situation has resulted in significant environmental and health impacts, such as air, soil, and water pollution, and has contributed to the visual deterioration of urban and rural spaces. A substantial portion of this waste is disposed of through open-air burning, releasing toxic compounds that affect the health of the population and the environmental balance. In this context, the project proposes a sustainable solution that promotes recycling as a viable alternative, using accessible technologies adapted to local conditions, with the goal of transforming waste into useful and valuable products for the community.

The project integrates semi-industrial and artisanal technologies to process diverse types of plastics, focusing on mechanical recycling and creative reuse. Among the implemented solutions are heated metal presses powered by locally available energy sources such as fire or embers, as well as solar presses that harness solar energy. These tools enable the production of items such as tiles, bricks, and furniture elements using local resources combined with recycled plastic fragments. Additionally, the project incorporates technologies like shredders, heat presses, and injectors designed to facilitate the sorting, shredding, and molding of plastics, providing a comprehensive and adaptable solution.

As previously mentioned, Mongo faces an increasing accumulation of plastic waste due to the rise in disposable product consumption and the lack of waste management systems. The absence of proper infrastructure for waste collection and treatment has resulted in enormous quantities of plastics ending up in informal dumpsites, rivers, and open spaces. This not only degrades the natural environment but also poses significant health risks to the population, particularly for those exposed to the burning of plastics and their toxic emissions.

In this context, the project aims to address these challenges through the creation of a recycling workshop that not only reduces the amount of plastic waste in the environment but also generates value-added products, promotes job creation, and raises environmental awareness among the region's inhabitants. The project also seeks to contribute to the circular economy by promoting material reuse and reducing reliance on virgin resources.

The main objective of the project is:

- To reduce plastic waste accumulation in the region by implementing accessible and sustainable recycling systems.
- To achieve this, the project focuses on designing and implementing a recycling workshop equipped with technologies adapted to local conditions, training the local community in recycling practices, plastic sorting, and circular economy principles.
- It also seeks to produce useful and marketable products from recycled plastics, such as bricks, tiles, and furniture components, while promoting environmental awareness and fostering cultural shifts toward sustainable waste management practices.
- It contributes to the Sustainable Development Goals (SDGs), particularly those related to responsible consumption and production, decent work and economic growth, and sustainable infrastructure.

The recycling workshop is equipped with a variety of machines and tools designed to process plastics efficiently and sustainably. These include:

- A shredder: used to process pre-sorted plastics into small fragments for reuse in various applications.
- A heat press, used to manufacture plastic sheets that can be transformed into tiles and furniture elements.
- An injector: which enables the production of complex-shaped pieces using custom molds.
- A solar press: which harnesses solar energy to heat molds, reducing dependence on fossil fuels and promoting renewable energy use.

These machines were designed and implemented by combining local materials with specific imported components, ensuring their functionality and adaptability to the region's conditions.

The project development was structured into several phases, each designed to address specific regional challenges and ensure the workshop's sustainability. The initial research phase involved a detailed analysis of the local situation, including resource availability, plastic waste characteristics, and community needs. Recycling machinery plans from the Precious Plastic platform were created and adapted to suit available resources, inspired by similar projects in Nigeria and Cameroon where communities collect plastic waste and transform it into useful materials.

The design and manufacturing phase focused on building key workshop machines using local materials and accessible technologies. Collaboration with local workers was crucial for fabrication and maintenance training. Machines were designed with safety, resource optimization, and budget constraints in mind, and components were sourced locally, from nearby cities, or imported when necessary.

Community training involved workshops to teach residents about plastic sorting, machine operation, and circular economy principles. Participants also learned methods for identifying plastics, such as float tests and flame color analysis during combustion. Schools in the area were engaged to instill recycling philosophy and foster engineering and entrepreneurship among children.

The pilot production phase began with the creation of prototypes of recycled products to evaluate machine efficiency and product quality. Adjustments, such as replacing the shredder's combustion engine with an electric motor and improving heat distribution in the press, were made to optimize processes.

Finally, the workshop entered full operation, processing approximately 50kg of plastic per week.

The pilot project, encompassing the creation of the workshop and the implementation of its tools and processes, has generated positive, albeit limited, impacts at this initial stage. From a social perspective, the workshop has provided a space for learning and collaboration, fostering technical training and practical skills development among participants. This not only enhances the professional capacities of those involved but also raises awareness about applying technological solutions to everyday challenges like waste management and process optimization.

From an environmental perspective, the workshop has implemented more sustainable methods for handling and transforming materials, contributing to waste reduction and more efficient resource use. Activities such as repair, reuse, and recycling align with circular economy principles and present an alternative to the throwaway culture. While large-scale effects remain modest, the project lays the groundwork for future broader initiatives.

From an economic perspective, the pilot project has proven to be a strategic investment, introducing accessible and effective technological solutions that optimize processes and reduce operational costs. Additionally, the workshop creates a space conducive to developing innovative ideas and prototypes with potential commercial applications, opening opportunities for innovation and entrepreneurship in the local community.

In conclusion, this pilot project has served as proof of concept for developing practical and sustainable technologies. Despite its limited scale, it represents a replicable model with the potential to generate more significant social, environmental, and economic benefits in broader contexts.

## *Índice de la memoria*

<b>Capítulo 1. Introducción .....</b>	<b>8</b>
1.1 Contextualización .....	8
1.2 Objetivos .....	13
1.3 Objetivos de desarrollo sostenible (ODS) .....	14
<b>Capítulo 2. Estado de la cuestión .....</b>	<b>17</b>
<b>Capítulo 3. Análisis general del proyecto .....</b>	<b>22</b>
3.1 Descripción general del proceso de reciclaje .....	22
3.2 Recursos disponibles .....	32
<b>Capítulo 4. Análisis y diseño de las máquinas .....</b>	<b>37</b>
4.1 Trituradora.....	37
4.1.1 Diseño estructural .....	37
4.2 Prensa de calor.....	40
4.2.1 Diseño estructural .....	40
4.2.2 Análisis térmico.....	49
4.3 Inyectora.....	53
4.3.1 Diseño estructural .....	53
4.3.2 Análisis térmico.....	54
4.4 Diseño y dimensionamiento eléctrico .....	56
<b>Capítulo 5. Fabricación e Instalación del taller.....</b>	<b>60</b>
5.1 Fabricación de las máquinas.....	60
5.1.1 Trituradora.....	60
5.1.2 Prensa de calor.....	65
5.1.3 Inyectora.....	73
5.2 Instalación del taller .....	75
5.3 Capacitación del personal.....	77
<b>Capítulo 6. Estudio económico del proyecto.....</b>	<b>82</b>
6.1 Clasificación de costos .....	82
6.1.1 Costos directos .....	82

---

6.1.2 Costos indirectos .....	83
6.1.3 Análisis de los costos totales .....	83
6.1.4 Estimación de beneficios .....	83
6.1.5 Indicadores financieros .....	84
6.1.6 Conclusiones del análisis económico .....	84
<b>Capítulo 7. Ampliación del alcance del proyecto .....</b>	<b>85</b>
7.1 Técnicas alternativas que no requieren el uso de energía eléctrica .....	85
7.2 Sesiones de formación en escuelas .....	91
7.3 Viabilidad económica del taller como negocio .....	92
<b>Capítulo 8. Conclusiones.....</b>	<b>108</b>
<b>Capítulo 9. Bibliografía.....</b>	<b>110</b>
<b>Capítulo 10. ANEXOS.....</b>	<b>113</b>
10.1 Detalles del análisis estructural y térmico .....	113
10.1.1 Prensa de calor.....	113
10.2 DATASHEET DE MOTOR.....	116
10.3 Fotos varias .....	117
10.4 Planos de las máquinas y detalle de la documentación económica .....	121

## *Índice de figuras*

Figura 1. Una de las calles principales de la ciudad de Mongo.....	10
Figura 2. Vivienda típica de la región, sin electricidad, alcantarillado ni agua corriente. ..	11
Figura 3. Residuos plásticos en una calle de Mongo.....	12
Figura 4. Vertedero de la ciudad de Nungua, Ghana.....	18
Figura 5. Aula creada a partir de ladrillos de plásticos en Costa de Marfil.....	19
Figura 6. Mapa de los proyectos de Precious Plastic en el territorio africano y parte de Asia. .....	21
Figura 7. Reciclaje de botellas de plástico fabricadas de PET. Fotografía de (Castro).....	23
Figura 8. Envases de HDPE. (InterEmpresas).....	24
Figura 9. Tubos de PVC. (Plomería Universal).....	25
Figura 10. Desechos de LDPE. (Wastetrade).....	25
Figura 11. Tupperware fabricados del PP. (Steinberg).....	26
Figura 12. Envases fabricados de PS. (Pastor).....	27
Figura 13. Proceso industrial de reciclado de plástico. (Ecoembes).....	29
Figura 14. Plásticos recogidos por los habitantes de Mongo. ....	30
Figura 15. Trituradora y plástico procesado por ella.....	31
Figura 16. Plástico triturado colocado en la prensa de calor para ser procesado y desmolde de pieza producida en la inyectora.....	31
Figura 17. Mahamat, Carlos y Joaquín trabajando en el taller de la comunidad Jesuita tras finalizar la estructura de la inyectora.....	33
Figura 18. Mahamat trabajando en el taller.....	34
Figura 19. Sección del taller de reciclaje, con las herramientas y la inyectora. ....	34
Figura 20. Comedor en el fondo y ave más típica de Chad.....	35
Figura 21. Desguace de motos, donde pudimos obtener el motor inicial de la trituradora y algunos otros componentes.....	36
Figura 22. Instalación del motor de combustión en la estructura de la trituradora. ....	38
Figura 23. Versión final de la trituradora con el motor eléctrico acoplado con el eje Old Man. .....	39

Figura 24. Subensamblaje de las patas. ....	41
Figura 25. Soporte intermedio de las patas y del gato hidráulico.....	41
Figura 26. Vista superior del marco superior. En ella se ve el marco exterior, el exoesqueleto interno y la disposición de las resistencias eléctricas sobre la cara posterior de la superficie de contacto.....	42
Figura 27. Vista inferior del marco inferior. En él se observa la misma disposición que en el marco superior. ....	42
Figura 28. Soporte del marco inferior. ....	43
Figura 29. Visión de las cargas sobre la viga IPN.....	44
Figura 30. Esquemas inicial de cargas de viga IPN. (Bañón, 2009) .....	44
Figura 31. Esquema del perfil IPN con las pletinas de soporte. ....	46
Figura 32. Esquema de cargas sobre perfil IPN. ....	47
Figura 33. Resultado del análisis de las tensiones.....	48
Figura 34. Resultado de análisis de los desplazamientos. ....	49
Figura 35. Esquema de las capas térmicas del sistema.....	50
Figura 36. Imagen de la disposición de las resistencias en el marco superior (arriba) e inferior (debajo).....	52
Figura 37. Diseño de la inyectora. En sus límites de recorrido. ....	54
Figura 38. Disposición final de las resistencias en la inyectora. ....	56
Figura 39. Esquema eléctrico del taller. ....	57
Figura 40. Circuito eléctrico de la inyectora. ....	59
Figura 41. Circuito eléctrico de cada uno de los marcos de la prensa de calor.....	59
Figura 42. Imagen final de la caja trituradora vista desde arriba a través del cono de alimentación.....	62
Figura 43. Desguace de moto donde se obtuvo el taller.....	63
Figura 44. Explicación instalación de la batería por los empleados del desguace. ....	64
Figura 45. Vista en detalle del sistema de transmisión del motor de combustión.....	64
Figura 46. Trituradora con el motor eléctrico ya instalado. ....	65
Figura 47. Fundidor en su taller dándole vueltas a la manivela para avivar el fuego. ....	67
Figura 48. Vertido del material en el molde de arena al descubierto. ....	68

Figura 49. Mahamat tras finalizar la soldadura del molde de acero.....	69
Figura 50. Mahamat soldando uno de los marcos de la máquina.....	71
Figura 51. Prensa con la caja de electrónica ya instalada.....	72
Figura 52. Prensa ya finalizada e instalada en el taller.....	72
Figura 53. Carlos y Mahamat trabajando en la medición de componentes de la inyectora.	73
Figura 54. Instalación eléctrica de la inyectora conectada a la máquina para comprobar funcionamiento. ....	74
Figura 55. Inyectora instalada en el taller con instalación eléctrica acabada . ....	75
Figura 56. Plano final de la planta del taller.....	76
Figura 57. Prensa metálica en funcionamiento y resultado final.....	86
Figura 58. Prensa con parábola solar.....	87
Figura 59. Azulejo plástico realizado con parábola solar.....	87
Figura 60. Ejemplos de producción de tejidos plástico por planchado. ....	88
Figura 61. Ladrillos finalizados tras desmoldar. ....	88
Figura 62. Proceso de prensado de los ladrillos. ....	89
Figura 63. Ejemplos de utilización de eco-bricks.....	90
Figura 64. Herramientas e inyectora del taller de reciclaje. ....	90
Figura 65. Alumnos atendiendo a explicación sobre el reciclaje. ....	92
Figura 66. Gráfica del análisis del retorno de inversión.....	103
Figura 67. Gráfica de costes y beneficios por producto. ....	103
Figura 68. Esquema de la distribución de cargas con la indicación de la posición de los 4 cortes.....	113
Figura 69. Diagrama de fuerzas de la 1ª sección.....	114
Figura 70. Diagrama de fuerzas de la 2ª sección.....	114
Figura 71. Representación del método de superposición. ....	115
Figura 72. Datasheet del motor eléctrico trifásico de 1,5kVA. ....	116
Figura 73. Trituradora de Precious Plastic. ....	117
Figura 74. Extrusora de Precious Plastic.....	117
Figura 75. Prensa de calor de Precious Plastic .....	118
Figura 76. Mesa fabricada por Precious Plastic. ....	118

Figura 77. Silla fabricada por Precious Plastic.....	119
Figura 78. Banco fabricado por Precious Plastic.....	119
Figura 79. Mesa utilizada actualmente en las escuelas de Mongo.....	120
Figura 80. Sillas más típicas de las escuelas de Mongo.....	120

## *Índice de tablas*

Tabla 1 Clasificación tipos de plástico y su ejemplificación. (Greenpeace, 2021).....	28
Tabla 2. Valores térmicos de cada una de las capas del sistema. ....	51
Tabla 3. Valores de la resistencias térmicas del sistema. ....	55
Tabla 4. Costos directo del proyecto. ....	82
Tabla 5. Costos indirectos del proyecto (TALENT, 2024). ....	83

## Capítulo 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 CONTEXTUALIZACIÓN

Este trabajo de fin de máster se desarrolló en la ciudad de Mongo, capital de la región de Guera, en Chad. País ubicado en la zona central del Sahel, es uno de los países más pobres del mundo (Grandi, s.f.), esto queda reflejado en algunos rankings internacionales como el del índice del Desarrollo Humano, donde Chad ha ocupado alguna de las tres últimas posiciones durante los últimos diez años. La principal fuente de vida y trabajo del pueblo chadiano es la agricultura y el pastoreo. Centrándose en la región de Guera, donde tuvo lugar este proyecto, existe una ruta comercial nómada muy importante.

Chad presenta una amplia variedad de climas debido a su extensa distribución latitudinal, lo que resulta en tres zonas climáticas principales que influyen significativamente en las condiciones de vida, los recursos disponibles y las actividades económicas de sus regiones.

#### **Región Sahariana (norte):**

Esta área, que comprende la mitad norte del país, se caracteriza por un clima desértico cálido extremo. Las precipitaciones son prácticamente inexistentes, con valores inferiores a los 12 mm anuales, como ocurre en localidades como Faya-Largeau. Las temperaturas oscilan entre máximas superiores a 45 °C en mayo y mínimas de aproximadamente 32 °C en enero. Los vientos del noreste provocan frecuentes tormentas de arena, que afectan la habitabilidad y la infraestructura.

#### **Región Saheliana (centro):**

Este cinturón semidesértico de aproximadamente 500 km de ancho experimenta un régimen climático más variado, con una estación lluviosa de junio a septiembre y una seca que se extiende de octubre a mayo. Las precipitaciones anuales alcanzan hasta 580 mm en la capital, N'Djamena, permitiendo el desarrollo de vegetación adaptada a condiciones áridas, como

arbustos espinosos, acacias y pastizales resistentes a la sequía. Las temperaturas durante los meses más cálidos (abril y mayo) frecuentemente superan los 40 °C.

### **Región Sudanesa (sur):**

Esta zona presenta un clima húmedo, con precipitaciones anuales que varían entre 750 y 1,250 mm, concentradas entre abril y octubre. Las temperaturas permanecen elevadas a lo largo del año, oscilando entre máximas de 27 °C en enero y hasta 40 °C en los meses más cálidos (marzo a mayo). La temporada de lluvias favorece una vegetación más densa, dominada por sabanas y bosques tropicales, que proporcionan importantes recursos para las comunidades locales.

La provincia de Guera, localizada en la región centro-oriental de Chad, se caracteriza por una economía predominantemente basada en la agricultura de subsistencia y la ganadería. Estas actividades son esenciales para la supervivencia de las comunidades locales, dado que constituyen las principales fuentes de alimento, ingresos y sustento de la población.

En términos agrícolas, los principales cultivos incluyen sorgo, mijo y maíz, adaptados a las condiciones climáticas semiáridas de la región. Por otro lado, la ganadería desempeña un rol complementario clave, con la cría de bovinos, caprinos y ovinos, que representa una reserva económica para las familias y una fuente de proteínas en la dieta local.

Un componente significativo del sector ganadero en Chad es la práctica de la trashumancia, que implica el movimiento estacional de rebaños desde el norte hacia el sur del país. Estas rutas ganaderas transhumantes cruzan la provincia de Guèra, integrando la región en un sistema económico y social más amplio. La trashumancia es esencial para aprovechar los recursos de pastoreo disponibles según las estaciones:

Durante la estación seca, los pastores mueven sus rebaños hacia las regiones del sur, donde la disponibilidad de agua y pastos es mayor.

En la estación lluviosa, los rebaños regresan hacia el norte, ya que las precipitaciones permiten la regeneración de pastos en esas áreas.

Estas rutas no solo son vitales para el sustento del ganado, sino que también generan interacciones económicas entre las regiones, facilitando el comercio de productos ganaderos, como carne y leche, y promoviendo la integración social entre comunidades sedentarias y nómadas.

No obstante, la región enfrenta diversos desafíos. Entre ellos se encuentran la escasez de infraestructura, el acceso limitado a recursos como agua y servicios básicos, y la vulnerabilidad a fenómenos climáticos extremos, que afectan tanto la producción agrícola como el bienestar general de las comunidades.

Mongo, la capital de la provincia de Guèra, es una ciudad con un desarrollo infraestructural limitado, lo que refleja las condiciones de subdesarrollo que enfrentan muchas localidades rurales en Chad. Las infraestructuras básicas en Mongo son insuficientes y no cumplen con los estándares mínimos que generalmente se asocian con una ciudad en contextos occidentales.

Carece de carreteras asfaltadas y aceras, lo que dificulta la movilidad urbana y el transporte de bienes y personas. Esta falta de pavimentación contribuye al deterioro de las vías durante las temporadas de lluvia y limita la conectividad entre diferentes zonas de la ciudad.



*Figura 1. Una de las calles principales de la ciudad de Mongo.*

La ciudad cuenta con una pequeña red eléctrica alimentada por una planta de energía solar. Sin embargo, esta red tiene una cobertura geográfica limitada y opera únicamente en algunas áreas específicas de la ciudad. En las zonas sin acceso a esta red, incluida la del proyecto mencionado, los habitantes no disponen de electricidad, lo que afecta el acceso a servicios esenciales y la calidad de vida. Además, el suministro de electricidad está restringido a unas pocas horas al día, lo que limita aún más las actividades económicas y domésticas.



*Figura 2. Vivienda típica de la región, sin electricidad, alcantarillado ni agua corriente.*

Mongo cuenta con un hospital básico que no dispone de una sala operatoria completa. Las intervenciones quirúrgicas se limitan a cesáreas y otras operaciones menores, lo que obliga a los pacientes con necesidades médicas complejas a buscar atención en otras localidades.

La ciudad carece de un sistema formal de gestión de residuos. No existen vertederos públicos, sistemas organizados de recogida de basura ni contenedores accesibles para la disposición de desechos. Esta ausencia de gestión de residuos representa un desafío ambiental y de salud pública significativo, ya que los desechos suelen ser eliminados de manera informal, afectando el entorno y la calidad de vida de los habitantes.

Uno de los principales problemas en la gestión de residuos en la ciudad de Mongo es la acumulación y manejo inadecuado de plásticos. Estos materiales, debido a su alta

permanencia en el medio ambiente y su carácter no biodegradable, representan una amenaza creciente para la sostenibilidad ambiental y la salud pública en la región.



*Figura 3. Residuos plásticos en una calle de Mongo.*

Los desechos plásticos, como bolsas, botellas y otros productos similares, han aumentado significativamente debido a su incorporación en los hábitos de consumo del pueblo chadiano. La práctica más común para tratar estos residuos es la quema descontrolada en zanjas abiertas en las calles. Estos plásticos suelen estar mezclados con residuos orgánicos, como pañales, telas o trapos, lo que amplifica los riesgos de contaminación.

La quema genera grandes humaredas negras cargadas de compuestos tóxicos, afectando la calidad del aire. La exposición a los gases y partículas liberados durante la quema puede causar problemas respiratorios y otros efectos adversos. Los residuos quemados afectan la calidad del suelo, dificultando su uso agrícola o su regeneración natural.

El taller de reciclaje desarrollado como parte de este trabajo de fin de máster se presenta como una solución piloto para abordar esta problemática. El proyecto busca demostrar a los habitantes de Mongo las posibilidades del reciclaje como alternativa viable a la quema indiscriminada. A través del taller, se busca generar una mayor conciencia sobre el impacto negativo de las prácticas actuales y promover la adopción de hábitos sostenibles. El proyecto

tiene como objetivo contribuir a la limpieza de las calles, retirando los desechos plásticos y gestionándolos de forma adecuada. Además de su enfoque ambiental, el taller propone la generación de empleo, transformando el problema del plástico en una oportunidad económica para los trabajadores locales.

## **1.2 OBJETIVOS**

Debido a la envergadura del proyecto, se han ideado una serie de objetivos. Algunos de ellos han sido palpables en el corto plazo y otros debemos de observar cómo evolucionan a lo largo de los años para ver si se han conseguido.

En cuanto a los objetivos que se plantearon como puntos clave a conseguir durante la elaboración del proyecto, se tienen:

- **Obtención de todos los materiales necesarios en Chad.** Debido a su baja industrialización, esto fue uno de los mayores problemas de proyecto. Más adelante se explica cómo se pudieron realizar adaptaciones en ciertas máquinas para poder realizar todos los componentes y su posterior montaje sin grandes pérdidas en las prestaciones.
- **Fabricación de los componentes y posterior montaje en menos de 2 meses.** El tiempo en el que realizamos la mayor parte de la fabricación y el montaje de las máquinas fueron 7 semanas. Tiempo bastante limitado, si tenemos en cuenta que se construyeron tres máquinas, debiendo realizar, cortes de componentes estructurales, soldadura, montaje, e instalación eléctrica.
- **Muestra de técnicas para trabajar en el taller de manera más segura.** Explicación del funcionamiento de las máquinas para poder realizar mantenimientos y trabajar con ellas de la manera más segura posible.

Todos estos objetivos fueron medibles y conseguidos en menor o mayor medida durante la fase de construcción y puesta a punto del taller del taller. Pero lo que realmente busca este proyecto es una concienciación en los habitantes.

Para un región en la que existe un bajo nivel de industrialización, donde el sector de la ingeniería no es para nada elevado; la creación y la elaboración de un taller de reciclaje de plástico semiindustrial, en las instalaciones de FOI EJ JOIE, es algo realmente importante, permitiendo fomentar la afición por la ingeniería y el reciclaje.

La combinación de este taller, la presencia de una facultad de ingeniería en la ciudad, los conocimientos de Carlos (ingeniero industrial de ICAI), la posibilidad de enseñar a los niños de la escuela qué es el reciclaje, cuáles son sus beneficios y qué es lo que pueden obtener de él, tanto a nivel sanitario, ambiental y económico. Hacen que este proyecto sea una propuesta única para la ciudad.

Se puede decir que el mayor objetivo que se busca es la concienciación de las nuevas generaciones de Mongo, donde el reciclaje del plástico es el camino, tanto como posibilidad de negocio en la región, como para mejorar su calidad de vida.

### ***1.3 OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS)***

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) fueron establecidos en 2015 por la Asamblea General de las Naciones Unidas como parte de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. La Unión Europea ha adoptado estos 17 objetivos y los ha integrado en sus políticas y estrategias para promover un desarrollo sostenible en sus Estados miembros y en sus relaciones internacionales.

Este proyecto se alinea con varios de estos ODS. A continuación, se identifican 5 ODS relacionados con el proyecto y se desarrollan los 3 más relevantes:

ODS 8: Trabajo decente y crecimiento económico

ODS 9: Industria, innovación e infraestructura

ODS 12: Producción y consumo responsables

ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles

ODS 13: Acción por el clima

Los 3 más relevantes son:

### **ODS 8: Trabajo decente y crecimiento económico**

Este objetivo pretende promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo, y el trabajo decente para todos. El proyecto en Mongo apoya este ODS al:

- Generar oportunidades de empleo en la comunidad local, ofreciendo puestos de trabajo en el taller de reciclaje y en las actividades asociadas, como la recolección de plásticos.
- Fomentar el desarrollo de habilidades técnicas y conocimientos en procesos industriales relacionados con el reciclaje, mejorando la empleabilidad de los trabajadores.
- Impulsar la economía local mediante la creación de una nueva industria que puede atraer inversiones y estimular otros sectores económicos.

### **ODS 9: Industria, innovación e infraestructura**

Este objetivo busca construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible, y fomentar la innovación. El proyecto contribuye a este ODS al:

- Establecer una infraestructura industrial en Mongo, una ciudad con limitaciones significativas en servicios básicos, lo que representa un avance hacia la industrialización de la región.
- Introducir tecnologías innovadoras en el procesamiento de plásticos, adaptadas a las condiciones locales y optimizando los recursos disponibles.
- Servir como modelo piloto que puede ser replicado en otras regiones con desafíos similares, promoviendo la industrialización sostenible en contextos de bajos recursos.

## **ODS 12: Producción y consumo responsables**

Este objetivo busca garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles. El proyecto de reciclaje de plástico en Mongo contribuye directamente a este ODS al:

- Reducir la generación de residuos mediante la recolección y procesamiento de desechos plásticos, transformándolos en nuevos productos útiles.
- Promover el reciclaje y la reutilización de materiales, disminuyendo la dependencia de recursos vírgenes y fomentando una economía circular.
- Concienciar a la comunidad local sobre la importancia de prácticas de consumo responsables y la gestión adecuada de residuos.

En resumen, el proyecto de reciclaje está alineado con varios ODS, especialmente con los objetivos de promover la producción y consumo responsables, fomentar el trabajo decente y el crecimiento económico, y desarrollar la industria, la innovación y la infraestructura. Estas contribuciones son fundamentales para avanzar hacia un desarrollo sostenible en la región y mejorar la calidad de vida de sus habitantes.

## **Capítulo 2. ESTADO DE LA CUESTIÓN**

Como se ha comentado anteriormente, la contaminación por plástico de todo el continente africano es un problema grave y creciente. Este tipo de contaminación está basado en la presencia de grandes cantidades de plástico en el medio ambiente, ya sea en medios terrestres como acuáticos. De este modo, no solo se trata de una catástrofe medioambiental, si no que poco a poco aumentan las probabilidades de que más personas se intoxiquen por la ingesta de alimentos cultivados en suelos contaminados por estos materiales peces que se han alimentado de micro plásticos suspendidos en los medios acuáticos.

Centrándonos en la sociedad del continente africano, en los últimos 125 años, esta región ha experimentado grandes cambios, ya sean en el aspecto político, con la descolonización; en el económico, con la explotación de sus recursos naturales; y en lo demográfico, con un crecimiento vertiginoso de la población. A principios del siglo XX, la población de África era de 140 millones de habitantes, lo que suponía un 9% de la población mundial de aquel momento, actualmente se espera que para el 2050, la población de esta región sea de 2.500 millones de personas, lo que supondrá un 25% de la población mundial. (Stanley, 2023). Este crecimiento poblacional es el que ha generado que África se convierta en el 2º continente con mayor densidad de población, con unos 48 habitantes/km<sup>2</sup> (Huerta, 2023).

Durante estos últimos 125 años, el crecimiento poblacional del mundo se ha debido al aumento de los habitantes de los países en vías de desarrollo, ya que, en los países, comúnmente llamados del primer mundo (Europa, Estados Unidos y Canadá principalmente) su crecimiento poblacional se ha visto estancado. Estas diferencias principalmente se deben a la tasa de fecundidad y a la esperanza de vida. Centrándose en los países africanos, los que presentan mayores tasas de natalidad son las repúblicas de Níger, Central Africana, Democrática del Congo; así como Somalia, Malí, Angola y Nigeria. En cambio, la esperanza de vida en estos países sigue siendo muy inferior a la de los países europeos (en Chad, Lesoto y Nigeria es de menos de 55 años), pero la baja natalidad de estos hace que sus poblaciones no hayan experimentado grandes cambios en los últimos 50 años.

Esta alta natalidad y la no muy alta esperanza de vida hace que las poblaciones de los países africanos sean muy jóvenes. Actualmente la edad mediana (la que divide a la población en dos mitades) en República de Níger y en la Republica Central Africana es de 14'5 y 14'8 años respectivamente. Mientras que en Chad es de 15'1. (Huerta, 2023)

Este aumento de la población hace que el consumo de productos haya aumentado considerablemente, y con ello las envases que se desechan cada día. La problemática del plástico es debida, en gran parte a la falta de industrialización de la región. Desde que la mayoría de los países africanos consiguieron su independencia en los años 60, el crecimiento de su tejido industrial ha sido, en la mayoría de los países muy escaso. Solo como países como, Nigeria o Camerún, han conseguido generar un tejido empresarial que les permita generar beneficios y poder dotar al país de mejores infraestructuras y servicios. El resto de los países de la zona siguen en proceso de crecimiento muy lento, o casi nulo.

Esta falta de infraestructura en la región, junto con una mayoría de población muy joven, con falta de estudios y de recursos es la que genera que haya una despreocupación masiva sobre la gestión y la recogida de los residuos. Actualmente en las grandes ciudades africanas, las densidades de población que se encuentran son muy elevadas. Esto, unido a las grandes extensiones que ocupan, hacen que algunas zonas de los núcleos urbanos sean auténticos vertederos improvisados. Donde la única gestión de los residuos es el abandono de estos o su quema a cielo abierto.

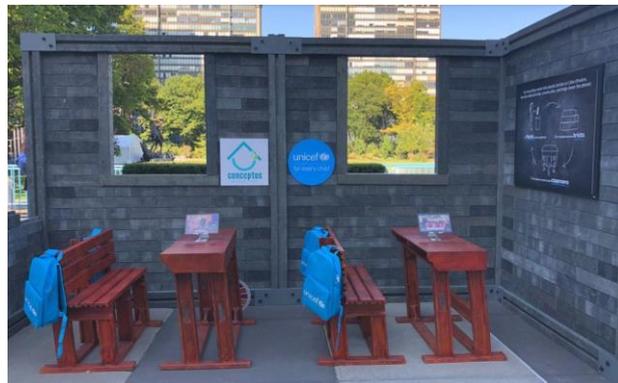


*Figura 4. Vertedero de la ciudad de Nungua, Ghana.*

Actualmente se están llevando a cabo diferentes acciones en ciertos países de la región del Sahel para el tratamiento de los residuos plásticos de la zona. Algunos de ellos son:

- Transformación de residuos plásticos en ladrillos para la construcción de casas y centros educativos.
- Promoción de Plastic Odyssey en el reciclaje de plástico en Nigeria.
- Concienciación de la población en recogida de plástico, a cambio de dinero.
- Comunidad de Precious Plastic.

El primer proyecto que se cita es uno de los más ambiciosos y grandes que se están llevando a cabo actualmente, lo están realizando una empresa de origen colombiano, “Conceptos Plásticos”, junto con la ONG UNICEF. Su idea consiste en la creación de ladrillos a partir de la recogida masiva de plásticos. Al final, el objetivo principal de este proyecto es la concienciación de las personas sobre la gran cantidad de veces que se puede utilizar el plástico, y que es imprescindible para poder tener su entorno y su salud en mejores condiciones.



*Figura 5. Aula creada a partir de ladrillos de plásticos en Costa de Marfil.*

La forma de trabajar de esta empresa es la de recoger plásticos de diferentes tipos, realizar una clasificación, juntarlos en diferentes concentraciones (así dicen que pueden conseguir diferentes propiedades en cada tipo de ladrillos que fabrican), derretirlos, introducirlos en moldes y finalmente desmoldar ladrillos de tipo lego. Con los que para la construcción de habitaciones no es necesario la utilización de cemento, bien muy escaso y caro en la región.

Actualmente esta idea se está desarrollando en Costa de Marfil, donde actualmente son necesarias más de 15.000 aulas. (Quiñones, 2019).

Un segundo proyecto muy ambicioso que se está desarrollando en paralelo, es el que está promoviendo la organización Plastic Odyssey. Es un movimiento similar al de este TFM, pero a una mayor escala. Ellos proponen la instalación de un gran número de micro talleres de reciclaje de plástico a lo largo de toda Nigeria. Como se ha comentado anteriormente, Nigeria cuenta con una población de 229 millones de habitantes, que genera 2,5 millones de toneladas de plástico cada año. De los cuales, no recicla ni el 10%.

Para la consecución de este objetivo, se han planteado la visita a dos campus universitarios durante el 2024, (Nile University of Nigeria y la Universidad de Lagos). Con ello intentarán motivar y promover un espíritu emprendedor entre los estudiantes. Una vez llevada a cabo esta fase, el siguiente paso es el asesoramiento técnico, tanto para el diseño, construcción y mantenimiento de las máquinas, como para la viabilidad económica de posibles proyectos posteriores con los que fomentar negocios locales.

También en regiones cercanas a Chad, como es Camerún. Se están llevando a cabo proyectos de reciclaje de plástico algo menos técnicos. La asociación GAIA, está promoviendo en el país, la recogida masiva de los residuos.

Desde noviembre de 2023, esta asociación ha establecido en Camerún el grupo de trabajo PWWG (Grupo de Trabajo sobre Residuos Plásticos) para gestionar y abordar la problemática del plástico en el país. Esto ha permitido una mayor participación de las comunidades locales, realizando charlas en las que se les educa sobre los riesgos que tiene ingerir y convivir con este plástico y con los gases de su quema.

También se ha centrado mucho en la limpieza del río Wouri, el cual presentaba una gran cantidad de redes de pesca desechadas, lo que producía un gran riesgo para la fauna de la zona. Por último, ha realizado una investigación, sobre que empresas son las que más envoltorios desechables generan en la región, creando una lista de 64 compañías, que presentan envases muy poco basados en la reducción de los plásticos. Su intención es la de

concienciar a los usuarios, y en última instancia a las compañías para que reduzcan la cantidad de envases, consumidos y fabricados, respectivamente.

Otro proyecto ambicioso es el que ha desarrollado la comunidad abierta de Precious Plastic. Es una organización con origen en Países Bajos, que se han encargado de diseñar maquinaria para la creación de pequeños talleres de reciclaje de plástico. Esta comunidad inicialmente diseñó y publicó de manera gratuita todos los planos y los archivos CAD de las máquinas. Actualmente han realizado una plataforma, en la que no solo encuentras los archivos, si no vídeos en los que te muestran el montaje y el funcionamiento de estas. Del mismo modo también han creado foros en los que las personas pueden preguntar sus dudas y aportar sus ideas para mejorar cada máquina.

Actualmente la comunidad Precious Plastic está en una gran cantidad de países, entre ellos algunos de África, como Nigeria o Ghana. En el primero se ha instalado una comunidad que se dedica a la compra de plástico usado, fomentando la recogida de este entre la población, para luego procesarlo y venderlo como diferentes elementos. (MBY-SON1, s.f.). En cambio, la pequeña comunidad de Ghana está instalada en una escuela, en la que se está intentando fomentar esta idea del reciclaje en los más pequeños. Buscan inspirar a las nuevas generaciones en el espíritu de la ingeniería y el diseño. El proyecto que se está realizando es el crear piezas mediante una impresora tres de que utilice como materia prima plástico reciclado. (SomeNicePlastic, s.f.)



*Figura 6. Mapa de los proyectos de Precious Plastic en el territorio africano y parte de Asia. (Precious Plastic, s.f.)*

## **Capítulo 3. ANÁLISIS GENERAL DEL PROYECTO**

### ***3.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO DE RECICLAJE***

Como se ha mencionado anteriormente, la ciudad de Mongo no presenta un sistema de recogida de residuos, por lo que estos se amontonan en las calles, generando en distintos puntos de la ciudad vertederos improvisados, que almacenan desechos hasta que son quemados.

Esta práctica, presenta una gran cantidad de riesgos para las personas. Mongo es una ciudad de un ambiente muy rural. Las vacas y las cabras que sirven tanto para tirar de los carros, como fuente de alimento, pastan por sus alrededores y en muchos momentos circulan por el interior de la ciudad. Esto hace que en ocasiones estos animales estén comiendo en zonas donde los pastos contienen residuos de micro plásticos o sustancias tóxicas que se han generado de la quema de estos materiales. Esto, junto con el empobrecimiento de los suelos y la atmósfera por los ácidos que expulsan los plásticos quemados, ponen en riesgo la salud de las personas y del medio en el que habitan.

Antes de explicar el proceso del reciclaje del plástico, se va a explicar que tipos hay, cuáles son sus características, sus usos y su dificultad para el postproceso. Esta dificultad se mide en una escala de 1 a 4, siendo 1 el más fácil y 4 el más difícil. Lo que determina el grado de complejidad del reciclaje del plástico es la composición química de este. Actualmente a los plásticos se les clasifica en 7 grupos:

- PET (tereftalato de polietileno).
- HDPE (polietileno de alta densidad)
- PVC (policloruro de vinilo)
- LDPE (polietileno de baja densidad)
- PP (polipropileno)
- PS (poliestireno)
- Otros tipos de plásticos

### **PET (tereftalato de polietileno)**

Se emplea en botellas de bebidas como refrescos o agua, además de otros envases ligeros como paquetes de comida, botes de crema y otros usos farmacéuticos. Su segunda vida es habitualmente nuevas botellas, textiles para prendas de vestir, alfombras, maquetas, lonas y velas náuticas o hilos y cuerdas. Su nivel de facilidad de reciclaje es 1 y las sustancias tóxicas que contiene son antimonio, formaldehído, acetaldehído y ftalato. Supone el 11% de residuos plásticos en el planeta. (Rodríguez, 2024)

A nivel de identificación, se pueden realizar dos métodos relativamente fáciles, el de flotabilidad y el de combustión. El primero de ellos consiste en introducirlo en agua y ver si flota o se hunde, con ello se puede identificar los grupos de mayor densidad. El segundo consiste en el análisis del color de la llama y del olor de los gases que se producen con la quema del material. Para el PET, su densidad es de 1,38-1,41g/cm<sup>3</sup> por lo que se hunde, la llama que se obtiene en su quema es de color azulada con bordes amarillos, produciendo un olor dulce.



*Figura 7. Reciclaje de botellas de plástico fabricadas de PET. Fotografía de (Castro)*

### **HDPE (polietileno de alta densidad)**

Se utiliza en numerosos envases no transparentes como botellas de leche, detergentes, paquetes de comida o de aceite para motores. Su uso tras el reciclado suele ser para nuevos

envases, cajas, macetas, contenedores de basura, juguetes, tubos, piezas de mobiliario urbano y de jardín o nuevas botellas de detergente. A pesar de que su nivel de facilidad de reciclaje es 1, es un material más resistente que el PET, y contiene antimonio como sustancia tóxica. Comporta el 14% de residuos plásticos en el medioambiente. (Rodríguez, 2024)

En la prueba de flotabilidad el HDPE flota, ya que presenta una densidad de  $0,94-0,97 \text{ g/cm}^3$ . El color de la llama que se obtiene es azul con bordes amarillo, el material gotea y emite un olor a cera quemada.



*Figura 8. Envases de HDPE. (InterEmpresas)*

### **PVC (policloruro de vinilo)**

Empleado en tarjetas de crédito, tuberías y otros materiales de construcción, revestimiento de cables, pieles sintéticas y marcos de puertas y ventanas. Se puede reutilizar tras su reciclado en suelas para calzado, reglas, otros artículos para el hogar, muebles para exteriores y tubos para el riego. Es uno de los tipos de plásticos más difíciles de reciclar situándose en un nivel 4, y la sustancia tóxica que lo integra es nonilfenol. Implica el 5% de residuos plásticos. (Rodríguez, 2024)

En cuanto a su flotabilidad en el agua, el PVC se hunde, ya que, presenta una densidad de  $1,16-1,58 \text{ g/cm}^3$ . En cuanto al color de su llama, para este material presenta un color amarilla,

pero con un centro verde. Presenta un olor a cloro o químico fuerte, debido a al alto contenido en cloro que presenta.



*Figura 9. Tubos de PVC. (Plomeria Universal)*

### **LDPE (polietileno de baja densidad)**

Con este tipo de plástico se elaboran el film adhesivo, las bolsas de la compra, el plástico de burbujas, botellas más flexibles, bolsas de suero, ampollas flexibles o aislantes de cableado. Pueden convertirse en el mismo producto de origen en su reciclado, además de tener otros usos como muebles, macetas, tubos o membranas aislantes. Su reciclabilidad es factible al tratarse de un nivel 2, y contiene las sustancias tóxicas ftalatos, aldehídos, cetonas, ácidos y carboxílicos. Por su parte, entraña el 20% de los residuos plásticos en el planeta, uno de los porcentajes más elevados. (Rodríguez, 2024)

La flotabilidad que presenta es elevada ya que posee una densidad de 0,91-0,94 g/cm<sup>3</sup>. El color de su llama es azul con bordes amarillos, con un olor a cera quemada similar al HDPE. En este caso también gotea.



*Figura 10. Desechos de LDPE. (Wastetrade)*

## **PP (polipropileno)**

De polipropileno están hechos los tapones de botellas, las pajitas, los tupperware, las neveras portátiles, piezas de automóviles, fibras de algunos tejidos, alfombras, lonas e incluso pañales o material médico como jeringuillas. Tras su reciclaje puede constituirse como contenedores para transporte, equipos de jardinería, sillas de plástico, textiles, escobas, cubos de fregar o raspadores de hielo. Al igual que el LDPE, su reciclabilidad es de nivel 2. Contiene muchas sustancias tóxicas como ftalato, aldehídos, cetonas, ácidos, carboxílicos, fenol y sustancias perjudiciales estimulantes de la esclerosis. Supone el 19% de residuos plásticos. (Rodríguez, 2024)

Este material también flota en el agua al poseer una densidad de  $0,9-0,92 \text{ g/cm}^3$ . En cuanto al color de su llama, se ve que es azul con bordes amarillos, gotea y genera un olor dulce o de hidrocarburo quemado.



*Figura 11. Tupperware fabricados del PP. (Steinberg)*

## **PS (poliestireno)**

Estos tipos de plásticos se encuentran en materiales térmicos como vasos para bebidas calientes, envases de yogures, cubiertos de plástico, hueveras, rellenos para embalaje, bandejas de comida, aislantes, piezas de electrodomésticos y juguetes. Su uso tras el reciclado suele ser como aislamientos térmicos, material de oficina, perchas, macetas o cubos de basura. Su nivel de reciclabilidad se sitúa en el 3, lo que lo convierte en un material

de difícil reutilización. Por otra parte, contiene como sustancias tóxicas antimonio, bromo, estireno, etilbenceno, tolueno y benceno. Comporta el 6% de residuos plásticos en el medioambiente. (Rodríguez, 2024)

Al introducirse en el agua se ve que se hunde al poseer una densidad de  $1,04 - 1,06 \text{ g/cm}^3$ . Mientras que la llama que se obtiene en su combustión es amarilla con humo negro. Emite un olor dulce o químico. Similar al del estireno quemado.



*Figura 12. Envases fabricados de PS. (Pastor)*

### **Otros tipos de plásticos**

Aquí se incluyen las mezclas de varios tipos de plásticos empleados en artículos electrónicos, electrodomésticos, piezas industriales, artículos médicos, garrafas de fuentes de agua o colchones. Se pueden transformar tras su reciclaje en fibras de nailon, discos compactos o piezas de coches. Lamentablemente, al no conocer con certeza los tipos de resinas que contienen, su reciclabilidad alcanza el nivel 4, es decir, prácticamente imposible. Puede integrar componentes tóxicos como el antimonio, el bromo y el bisfenol A y ostenta la cifra más alta de residuos plásticos en el planeta con un 24%. (Rodríguez, 2024)

Para este grupo la flotabilidad y el color de llama es muy diverso dependiendo de los componentes de los plásticos que lo forman.

Se muestra una tabla en la que se explica esta clasificación,

1 PET	02 PEAD	03 PVC	04 PEBD	05 PP	06 PS	07 O
Tereftalato de polietileno	Polietileno (alta densidad)	Cloruro de polivinilo	Polietileno (baja densidad)	Polipropileno	Poliestireno	Bisfenol-A y otros
PET es comúnmente usado en botellas de condimentos o de bebidas como agua, refresco y energéticos.	PEAD es comúnmente usado en botellas de leche, jugo o champú, contenedores de detergente, bolsas de supermercado, y bolsas de cereal.	PVC puede ser flexible o rígido, y es usado para tuberías de drenaje, empaques para comida transparentes, plástico para envolver, juguetes de niños, manteles, pisos de vinilo, tapetes de juego para niños, y empaques de medicamentos en cápsula.	PEBD es usado para bolsas para lavandería, para pan, para periódico, para frutas y verduras, y para basura, así como para vasos de "papel" para bebidas y envases de "papel" para leche.	PP es usado para contenedores de yogurt, contenedores de comida de cafetería, muebles, maletas y aislamiento para ropa de invierno.	También llamado plumavit, unicef y más nombres, es usado para vasos, platos, contenedores para comida a domicilio, charolas para carne cruda, y material de relleno para envíos.	Cualquier artículo de plástico que no sea de los seis mencionados se pone en una misma categoría múltiple de plástico #7. Cosas como discos compactos, biberones de bebé, y faros de coche.
						

Tabla 1 Clasificación tipos de plástico y su ejemplificación. (Greenpeace, 2021)

A continuación, se explica cuál es el sistema actual de reciclaje de plástico en España y la Unión Europea. Los pasos que se siguen son los siguientes: (Reciclamos, s.f.)

1. Separación tipos de plástico.
  2. Triturado.
  3. Lavado.
  4. Secado y centrifugado.
  5. Homogenización.
  6. Granceado.
- **Separación tipo de plástico:** una vez el plástico ha sido recogido de sus contenedores, se debe realizar una separación de cada uno de los grupos citados anteriormente. Esta separación es difícil, costosa y lenta. Pero al mismo tiempo es de vital importancia para el proceso. La materia prima que se obtiene al acabar el tratamiento debe ser lo más homogénea posible, para poder realizar un postproceso

- que se adapte a sus necesidades y características. Esto es debido a que cada plástico no presenta las mismas propiedades de resistencia, temperatura de fusión, etc.
- **Triturado:** en el momento en el que se tiene cada grupo de plástico, se comienza con su trituración. Proceso mecánico por el que los desechos plásticos se vuelven de pequeño tamaño para una mejor manipulación y postproceso.
  - **Lavado:** una vez se tienen los trozos de pequeñas dimensiones se realiza un baño para quitar los últimos restos en el material, y así conseguir una materia prima lo más pura posible.
  - **Secado y centrifugado:** en este momento se desea evaporar y expulsar las últimas cantidades de restos que puedan quedar.
  - **Homogenización:** proceso mecánico en el que se añaden aditivos para homogenizar el producto en textura y color.
  - **Granceado:** se obtienen pequeñas bolas, que se almacenan en sacas para enviar a empresas que realicen utensilios mediante plástico reciclado.

A continuación, se muestra una imagen del proceso:

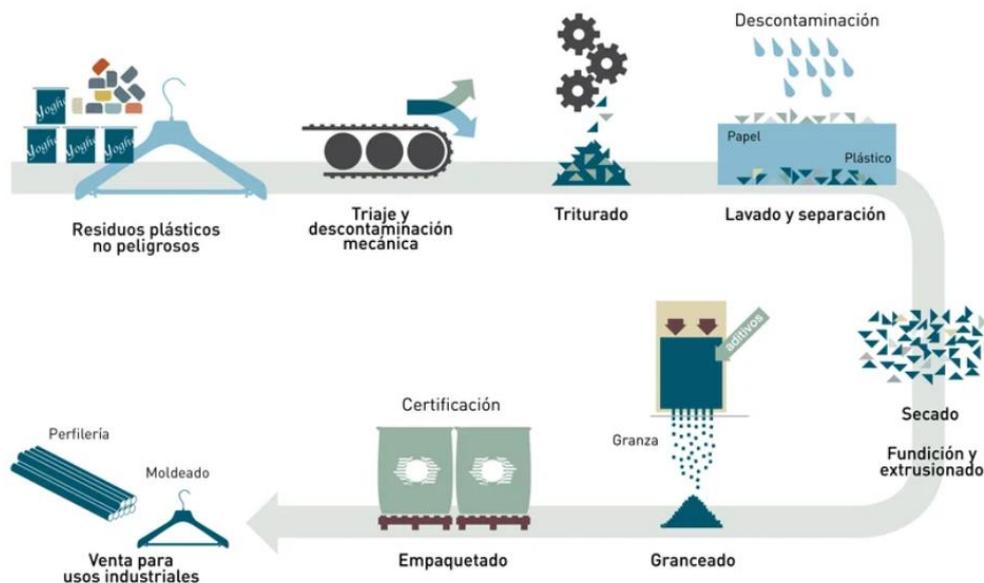


Figura 13. Proceso industrial de reciclado de plástico. (Ecoembes)

Una vez explicado el sistema, se puede analizar la realización del proceso en pequeña escala que se ha implementado en Mongo.

Al no tener un sistema de recogida como el que tenemos en España, se ha propuesto a la población local la idea de recoger ellos mismo el plástico de sus calles, para después llevarlo al taller a determinadas horas del día y venderlo a una cierta cantidad el kg (€/kg). En el inicio del proyecto este precio se ha situado por encima de su valor real, para así motivar a la gente y poder iniciar una concienciación mayor. Con el paso del tiempo, el aumento de personas y la cantidad de kilos recogidos, el precio de este irá disminuyendo. En este proceso, los habitantes de Mongo, se espera que recojan los plásticos que les den mayores beneficios, en definitiva, los que más pesen o más más cantidades puedan encontrar. Principalmente los PET, HDPE y PVC.



*Figura 14. Plásticos recogidos por los habitantes de Mongo.*

Una vez se obtiene el plástico, el siguiente paso es la clasificación en sus diferentes grupos, para poder ser tratados y realizar piezas de un material común. Una vez separados se realizan cortes previos en estos plásticos para que quepan y no obstruyan la trituradora. Para este proceso ha sido necesario la realización de formaciones para los empleados, ya que partían de un gran desconocimientos de las características de los diferentes grupos de plásticos.

Una vez reducido su tamaño, son triturados. Después se realiza un lavado y secado para eliminar restos de impurezas. En el sistema desarrollado, no se tiene en cuenta la separación por colores, ya que se poseen cantidades desiguales de colores, y solo ralentiza el proceso.



*Figura 15. Trituradora y plástico procesado por ella.*

Una vez limpio y seco, la materia prima pasa al postproceso. Se basa en la utilización de una prensa de calor o una inyectora manual. En la primera se realizan tablones para realizar cartelería o mobiliario de la escuela, mientras que en la segunda el plástico fundido es inyectado en unos moldes, para realizar piezas de agricultura.



*Figura 16. Plástico triturado colocado en la prensa de calor para ser procesado y desmolde de pieza producida en la inyectora*

A diferencia que en España o en otros países de la Unión Europea, los pequeños talleres de tratamiento de residuos plásticos en Chad, no se van a centrar exclusivamente en el tratamiento de los desechos plásticos para la creación de una materia prima para otra industria, si no que se van a desarrollar como talleres que aprovechan ese plástico para desarrollar productos definitivos a los que se les aporta un valor añadido. Este sistema permite a los propios ciudadanos de la ciudad verle un mayor sentido al reciclaje y potenciarlo de una manera más eficaz.

### **3.2 RECURSOS DISPONIBLES**

En este apartado se quiere explicar, cuáles han sido las ayudas recibidas para el desarrollo de este proyecto. En primer lugar, esta idea surge del director del TFM, Carlos Ruiz. Quien, viviendo en Mongo, conociendo cuál era la situación de primera mano, decidió lanzarse en la búsqueda de personas que le pudieran ayudar a desarrollar un sistema que beneficiase a las habitantes de esta ciudad.

Para ello, en primer lugar, buscó información sobre proyectos o comunidades que estuviesen trabajando en ideas similares. Tras encontrar a Precious Plastic, se descubre la posibilidad de crear un sistema de reciclaje semi industrial a pequeña escala. Sin necesidad de un capital inicial excesivo. Pero a pesar de ello, y como cualquier otro proyecto de ingeniería, se necesita una inversión previa para poder llevarla a cabo. En el caso de este trabajo, esos inversionistas han sido el Colegio de Ingenieros de ICAI, y el propio Carlos. En el capítulo 6 se realiza un análisis económico del proyecto, en él se ven las cuentas en detalle.

Para conseguir llevar a cabo esta idea, no solo era necesario dinero. Se necesitaba un lugar de trabajo, y un sitio donde se pudieran instalar las máquinas y que pudiera ser el taller de reciclaje una vez se tuviera todo el sistema operativo. En este momento es donde ofreció su ayuda la organización con la que Carlos estaba trabajando en Mongo, Foi et Joie. Ellos son el referente educativo en la ciudad. Tienen un colegio muy grande en el que imparten clases a un gran número de alumnos. Perfiles muy potenciales a los que se les puede enseñar y concienciar sobre el reciclaje del plástico y los usos que se le puede dar.

Foi et Joie, en Mongo, tiene sus oficinas en un recinto que comparten con una comunidad Jesuita, comunidad en la que se vivió. Se proporcionó entrada libre al taller de trabajo que posee la comunidad, donde realizan arreglos para la ellos, o la elaboración de diferentes utensilios, como braseros o arados manuales. No solo se nos permitió trabajar en él, si no que tuvimos acceso a todas las herramientas que en él se disponían: taladros de mano y verticales, radiales, grupos electrógeno y de soldadura, electrodos revestidos, herramientas de mano (destornilladores, limas, martillos, alicates, tenazas, etc.), además de pequeños trozos de acero y madera para diferentes piezas.



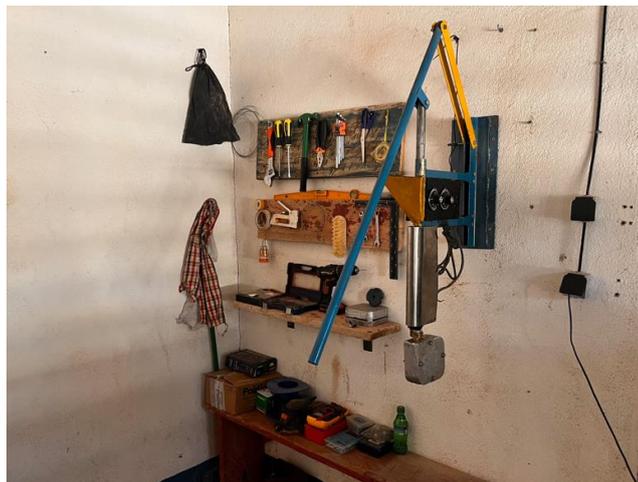
*Figura 17. Mahamat, Carlos y Joaquín trabajando en el taller de la comunidad Jesuita tras finalizar la estructura de la inyectora.*

El jefe o encargado de este taller es, Mahamat Abdelkerime, un gran profesional y persona que desde el primer momento estuvo dispuesto a prestar una mano en todo lo que se necesitara, como por ejemplo en las negociaciones en árabe con algunos proveedores, la fabricación, la utilización de ciertas herramientas o el montaje. Es una persona que lleva toda una vida trabajando en este sector, con muy pocos recursos y que enseñó como exprimen al máximo cada uno de los que disponen.



*Figura 18. Mahamat trabajando en el taller.*

Una vez finalizadas las máquinas, lo siguiente era la instalación del taller de reciclaje en su disposición final. Este lugar era una sala que se vació exclusivamente para la instalación de las máquinas y para que el personal tuviera un buen lugar de trabajo. Esta sala formaba parte del edificio de Foi et Joie en el recinto que compartían con la comunidad Jesuita.



*Figura 19. Sección del taller de reciclaje, con las herramientas y la inyectora.*

Como se ha comentado anteriormente, para poder realizar el proyecto se trabajó en Mongo para la construcción de las máquinas durante unas 7 semanas, para ello el alojamiento fue

en la comunidad jesuita, donde se disponía de una habitación, desayunos, comidas y cenas. Pudiendo probar gran variedad de productos locales.



*Figura 20. Comedor en el fondo y ave más típica de Chad.*

En cuanto a los materiales empleados para la realización del proyecto se realizaron tres grupos de compras, dependiendo del sitio en el que deberíamos de adquirirlos. Se dividieron en producto comprados en España, Yamena y Mongo.

Este fue uno de los temas más complejos con los que se trató. Se necesitó una gran planificación para no olvidar ningún elemento de vital importancia sin el que no se pudiera proseguir con el trabajo.

Los productos que se compraron en España principalmente son todos los que conllevan una complejidad técnica elevada (rodamientos, reductores de diámetro, cabezales de taladro de alta calidad, etc.), piezas que había que fabricar previamente debida a su nivel de precisión (caja trituradora y su eje), componentes electrónicos (resistencias, cableados, sensores,

actuadores, etc.) o materiales muy específicos, difíciles de encontrar en Chad (lana de roca, pasta térmica).

En cambio, en Yamena, debido a su mayor potencial industrial comparado con Mongo, se aprovechó para la compra de perfiles de acero para las estructuras de las máquinas, el cableado eléctrico, tornillería y discos de corte, interruptores y un gato hidráulico.

Y por último en Mongo, se pudo obtener todo el material más artesanal o semi industrial. Desde aluminio de los carteres de motores de motos desguazadas, hasta maderas para moldes, gasolina, pintura, chapas de acero, EPIS de protección, etc.



*Figura 21. Desguace de motos, donde pudimos obtener el motor inicial de la trituradora y algunos otros componentes .*

## **Capítulo 4. ANÁLISIS Y DISEÑO DE LAS MÁQUINAS**

En este capítulo se procede a explicar la parte más técnica del proyecto. Cabe destacar que los diseños de las máquinas están basados en los que la plataforma Precious Plastic tiene publicados. Se pretende analizar cuáles han sido los criterios seguidos para el diseño mecánico, los cálculos y bocetos; el cálculo térmico de la prensa y la inyectora, así como el dimensionamiento eléctrico de las 3 máquinas y el taller; y los esquemas eléctricos seguidos.

### **4.1 TRITURADORA**

Esta máquina es utilizada para el procesado del plástico una vez se ha clasificado, limpiado y secado. Se introducen los trozo del plástico en un conducto que guía el plástico hasta la caja triturada. Esta caja está compuesta por un eje con cuchillas, de manera intercalada entre los huecos de estas cuchillas se encuentran otras fijas en las paredes frontal y trasera de la caja. Una vez triturados los trozos pasan a través de un tamiz al interior de un recipiente donde se almacena.

El giro del eje es transmitido por un motor eléctrico de 1,5kW, el cual está unido al eje de la máquina mediante un acoplador colineal de ejes.

#### **4.1.1 DISEÑO ESTRUCTURAL**

Para el diseño y fabricación de esta máquina se utilizó la propuesta definitiva que Precious Plastic había ideado. Los cambios que se realizaron a la máquina fueron, la utilización de un motor de combustión interna como generador de movimiento del eje de las cuchillas y el reciclado de una mesa de la escuela de Foi et Joie como soporte para la trituradora y el motor.

La decisión de utilizar el motor de combustión, el cual transmitía el movimiento del eje motor al eje de la máquina mediante un sistema de piñón – corona unido por cadena, se basó en la dificultad de encontrar un motor eléctrico en Chad. El motor de combustión se obtuvo en un desguace de motocicletas de la ciudad de Mongo, en él se quitaron todos los elementos

que no eran necesarios para su funcionamiento, dejando así el motor de arranque y los cables que se debían conectar a una batería para que este funcionara. Del mismo modo se tenía el cable del acelerador que abría y cerraba la entrada de aire del carburador.



*Figura 22. Instalación del motor de combustión en la estructura de la trituradora.*

El trabajo en la máquina y los resultados que se estaban obteniendo no eran los deseados por ello se decidió tomar la decisión de comprar un motor eléctrico (se encontró un proveedor a buen precio y una posibilidad de envíos futuros a Chad más simplificada).

La integración de un motor eléctrico en la trituradora representó un avance significativo en cuanto a su operación, uso y seguridad. Este nuevo diseño eliminó elementos rotativos expuestos como cadenas y coronas dentadas, presentes en el modelo anterior, reduciendo notablemente los riesgos asociados a su funcionamiento.

Se seleccionó e instaló un motor eléctrico de 1.5 kW, siguiendo las recomendaciones del diseñador del equipo. Este motor fue acoplado directamente al eje de la caja mediante un eje Old Man de características específicas (la datasheet se encuentra en el Anexo 10.4), lo que permitió una transmisión directa del par motor desde el motor hasta el sistema. Esta configuración evitó problemas relacionados con la pérdida de fuerza o interrupciones en el funcionamiento continuo de la trituradora.

El eje Old Man se diseñó para amplificar el par motor respecto al par nominal del motor eléctrico, asegurando así que el sistema nunca perdiera fuerza de apriete ni deslizara sobre el eje. Este comportamiento se verificó en pruebas de operación, introduciendo objetos de plástico de mayor grosor al permitido por el modelo, lo que ocasionaba el bloqueo completo del sistema (trituradora y motor) sin generar daños ni desajustes mecánicos.



*Figura 23. Versión final de la trituradora con el motor eléctrico acoplado con el eje Old Man.*

Para controlar la operación de la máquina, se implementó un sistema eléctrico con un botón trifásico de tres posiciones, que ofrecía una operación cómoda y segura. Además, se incluyó un botón de emergencia tipo seta, cuya función principal era interrumpir rápidamente el funcionamiento en caso de emergencia y prevenir movimientos indeseados del motor.

Esta configuración optimizada garantizó un desempeño eficiente y seguro del equipo, cumpliendo con los requerimientos de diseño y los estándares de seguridad aplicables.

## **4.2 PRENSA DE CALOR**

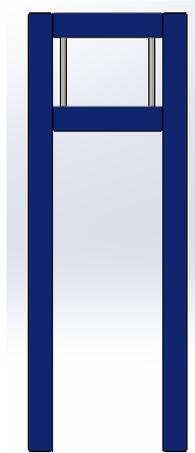
El fin de esta máquina es el trabajo en el postproceso del plástico, con ella se realizan placas de 420mmx1000mm, que permiten realizar numerosas aplicaciones. En un primer momento se pensó utilizarlos para mobiliario de aulas, pero tras la incorporación de una CNC, a la que se le puede integrar una DREMEL, se han podido realizar piezas de geometrías más complejas. Esta máquina consiste en una estructura de acero de 4 patas, en la que en la parte superior se encuentra una plancha de hierro a la que se la han puesto en contacto 10 resistencias eléctricas planas. Del mismo modo se encuentra un marco inferior con otra plancha de hierro y con otras 10 resistencias, en la parte inferior. Esta última se mueve verticalmente mediante un gato hidráulico. Tras colocar el plástico se sube el marco inferior hasta el tope y se aplica con el gato 4T de presión. Una vez establecida la presión se enciende la máquina y se coloca la temperatura deseada de ambos marcos mediante los termostatos. Tras una hora de funcionamiento la temperatura y la presión han hecho su trabajo y se obtiene una plancha maciza de plástico.

### **4.2.1 DISEÑO ESTRUCTURAL**

El diseño de la prensa de calor fue el más complejo con diferencia. Aunque se basó en el diseño que Precios Plastic proponía, debido a la falta de disponibilidad de ciertos materiales, la necesidad de abaratar los costes y el tiempo de fabricación del que se disponía se realizaron diseños simples pero que han dado los resultados obtenidos.

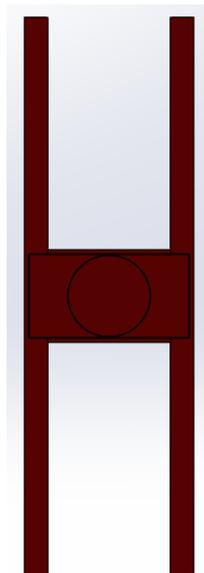
En primer lugar, la prensa de calor es una máquina relativamente sencilla. Como cualquier prensa, se trata de una máquina en la que se deposita el material (restos de plásticos triturados previamente) entre las dos superficies y, es un gato hidráulico el que empuja el marco inferior de la prensa hacia arriba generando el aumento de presión cuando el marco ya no puede desplazarse más. La presión de 4 toneladas generada por el gato, junto con las altas temperaturas generadas en las superficies mediante las 10 resistencias que se encuentran en cada una de las planchas de la máquina, las que permiten que el plástico alcance la temperatura de fusión y pueda unirse para formar una placa continua de 10mm de espesor.

Las dimensiones de la prensa son: 1,5m de altura, 1,3m de ancho y 0,6m de profundidad. La estructura está formada por dos subensamblajes laterales, los cuales hacen de patas. En estas estructuras se encuentran los raíles que sirven de guía para el desplazamiento vertical del marco inferior.



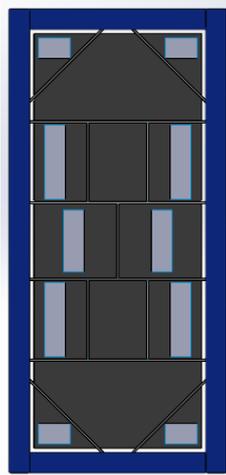
*Figura 24. Subensamblaje de las patas.*

Unido a estas dos subensamblaje de las patas se encontraba el soporte en forma de H que realiza la función de soporte de estas, así como el punto de apoyo del gato hidráulico.

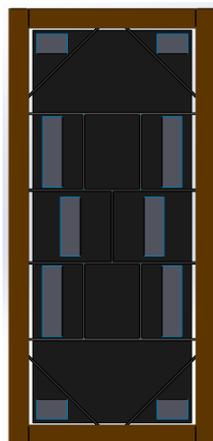


*Figura 25. Soporte intermedio de las patas y del gato hidráulico.*

Los siguientes dos subensamblajes de la máquina son el marco inferior y el superior. Estos constan de un marco exterior, la plancha que es la superficie de contacto del plástico y un exoesqueleto de pletinas de acero de 5mm de espesor donde apoya la plancha. Las dimensiones exteriores del marco inferior y del exterior son ligeramente diferentes, el inferior es un poco más estrecho, para permitir su deslizamiento por el interior de la estructura. Pero a nivel interno, son totalmente iguales, para que no haya problemas en el momento de generar las planchas de plástico.

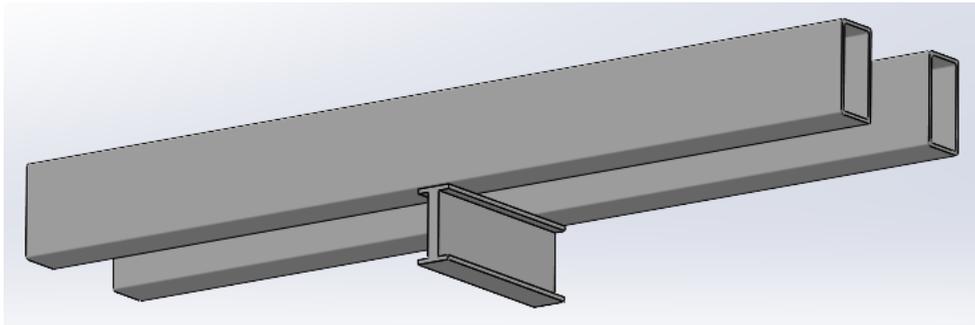


*Figura 26. Vista superior del marco superior. En ella se ve el marco exterior, el exoesqueleto interno y la disposición de las resistencias eléctricas sobre la cara posterior de la superficie de contacto.*



*Figura 27. Vista inferior del marco inferior. En él se observa la misma disposición que en el marco superior.*

Para llevar a cabo la transmisión del movimiento que genera el gato hidráulico se fabricó un soporte de tres vigas, que se soldaron al marco inferior, este subensamblaje está formado por dos vigas de las empleadas en la construcción del resto de piezas, y de un perfil IPN que fue modificado para que pudiera aumentar las cargas a las que se sometería.



*Figura 28. Soporte del marco inferior.*

Como se ha podido observar en las fotografías los elementos utilizados para la fabricación de esta máquina fueron: perfiles estructurales normalizados de 100x50 de un espesor de 4mm, planchas de acero de 5mm de espesor para obtener las numerosas pletinas que formaron el exoesqueleto de los marcos inferior y superior, tubos de acero macizo y hueco para realizar los raíles y las guías.

Analizando la información proporcionada por Precious Plastic y el futuro funcionamiento de la máquina, se decidió que las partes más críticas en cuanto a las cargas que soportarían serían, el marco inferior y en especial el perfil IPN, que estaba en contacto con el gato hidráulico, soportando gran cantidad de cargas de momentos flectores y esfuerzos cortantes, y, por otro lado, las patas que trabajarían a tracción.

Por ello se ha realizado el análisis estructural de la viga IPN, normalmente, se realizan estos cálculos para dimensionar el material y comprar el que se necesita. En este proyecto no se ha podido hacer así, ya que este perfil IPN fue un regalo de la ferretería de Yamena, por lo que las dimensiones ya estaban asignadas, por ello se procedió a analizar si ese perfil era válido para nuestra máquina.

Como se puede ver en la fotografía, la viga IPN apoya sobre el gato hidráulico mientras esta soldado a las otras dos vigas del soporte del marco inferior. Estas dos vigas transmiten al perfil el peso del marco, siendo de unos 82kg, el cual para los cálculos se ha asumido de 100kg. Del mismo modo, en la parte inferior el gato hidráulico ejerce una presión de 8T en un área circular con un diámetro de 7cm.

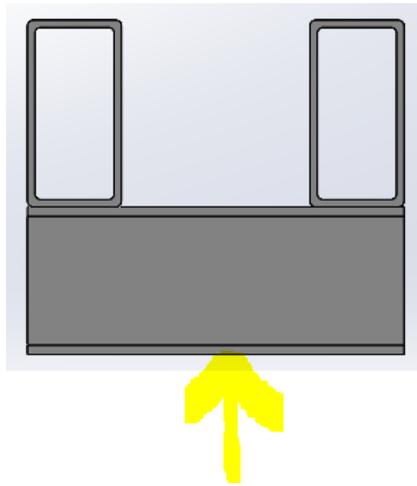


Figura 29. Visión de las cargas sobre la viga IPN.

En primer lugar, se analizó las cargas en la viga como si fuera un sistema de una viga articulada en sus dos extremos con una carga puntual en su centro.

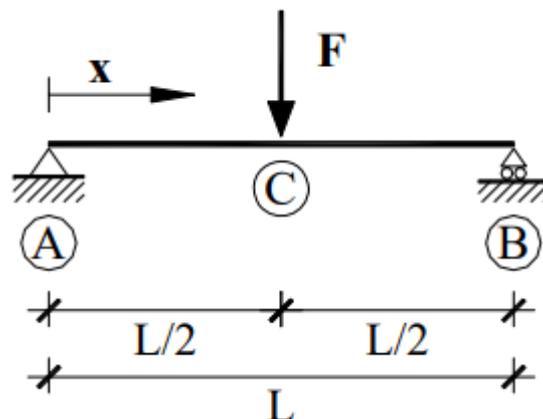


Figura 30. Esquemas inicial de cargas de viga IPN. (Bañón, 2009)

Los valores de coeficientes de seguridad se han sacado del CTE. Al analizarse como una viga simple que se encontraba en el prontuario, se pudieron utilizar las fórmulas que en el aparecían para obtener los resultados, La fuerza F que se aplicó fueron 8T que son 2 veces la carga con la que trabajará la máquina. Pasadas a Newton son 78.480N. La longitud L es de 0,2m.

1º Se calcula cual es el desplazamiento máximo que se permite en la viga:

$$w_{adm} = \frac{L}{350} = \frac{200mm}{350} = 0,57mm$$

2º Se calcula las resistencias admisible del material, ponderado con los factores de seguridad:

Se escoge un factor de seguridad de 1,6, ya que es el que indica el CTE para cargar permanentes. En este caso se podría elegir el factor de 1,4 de cargas no permanentes, pero se escoge este para hacerlo más restrictivo.

$$f_{adm} = \frac{f_s}{1,6} = \frac{275Mpa}{1,6} = 171,87Mpa$$

$$v_{adm} = \frac{f_{adm}}{\sqrt{3}} = \frac{171,87Mpa}{\sqrt{3}} = 99,23Mpa$$

3º Cálculo del momento flector y cortante de la viga.

$$\text{Cortantes: } V_{AC} = \frac{F}{2} = 39.240N \quad V_{BC} = -\frac{F}{2} = -39.240N$$

$$\text{Flectores: } M_{AC} \left(0 \leq x \leq \frac{L}{2}\right) = \frac{F}{2}x = 39.240 * x \quad M_{BC} \left(\frac{L}{2} \leq x \leq L\right) = \frac{F}{2}(L - x) = -39.240(0,2 - x)$$

$$\text{Donde } M_{M\acute{a}x} = M_C = \frac{F * L}{2} = \frac{3.924N * 0,2m}{2} \rightarrow M_{M\acute{a}x} = 3.924Nm \text{ en } x = \frac{L}{2}$$

4º Determinar la sección necesaria para verificar la resistencia a flexión

$$w_{xx} = \frac{M_{Max}}{f_{adm}} = \frac{3.924Nm}{171,87 * 10^6 Pa} = 22,84cm^3 > IPN80 (w_{xx} = 19,5cm^3)$$

Como se ve, el módulo resistente que se obtiene del cálculo es mayor que el del perfil, por lo que se le añadieron pletinas a lo largo del alma de la viga, para modificar su momento de inercia.

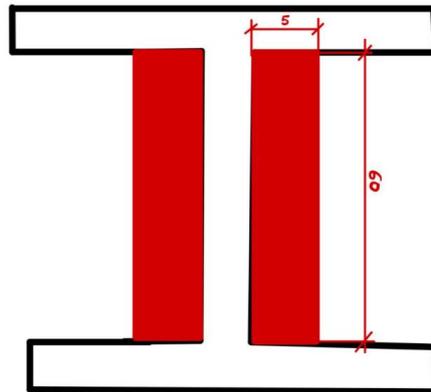


Figura 31. Esquema del perfil IPN con las pletinas de soporte.

La posición elegida no fue la mejor, ya que, si se colocan sobre las alas, el aumento del momento de inercia es mucho más significativo. Lo cual fue detectado tras realizar las soldaduras.

El nuevo momento de inercia es:

$$I_{TOTAL} = I_{IPN} + 2 * I_{Plet}$$

$$I_{Plet} = \frac{b * h^3}{12} + A * d^2 = \frac{5mm * 60^3mm^3}{12} + 300mm^2 * 0mm^2 \rightarrow I_{Plet} = 9cm^4$$

$$I_{TOTAL} = 80,1cm^4 + 2 * 9cm^4 \rightarrow I_{TOTAL} = 98,1cm^4$$

$$w_{TOTAL} = \frac{I_{TOTAL}}{y(\frac{h}{2})} = \frac{98,1cm^4}{4cm} \rightarrow w_{TOTAL} = 24,525cm^3$$

5° Determinar la sección para el criterio de deformación:

$$desp_{m\acute{a}x} = \frac{F * L^3}{48 * E * I} \leq 0,57mm$$

$$desp = \frac{78.480N * 200^3mm^3}{48 * 210.000 \frac{N}{mm^2} * 981000cm^4} = 0,06mm < 0,57mm$$

Haciendo los cálculos de la simplificación, se observa que con un perfil de IPN80 modificado sería suficiente para soportar la carga de trabajo de 4T. Para afianzar los cálculos se decidió analizar el comportamiento de la viga teniendo en consideración el peso del marco que apoyaba en ella mediante las dos vigas. El esquema que muestra la nueva distribución de cargas es el siguiente:

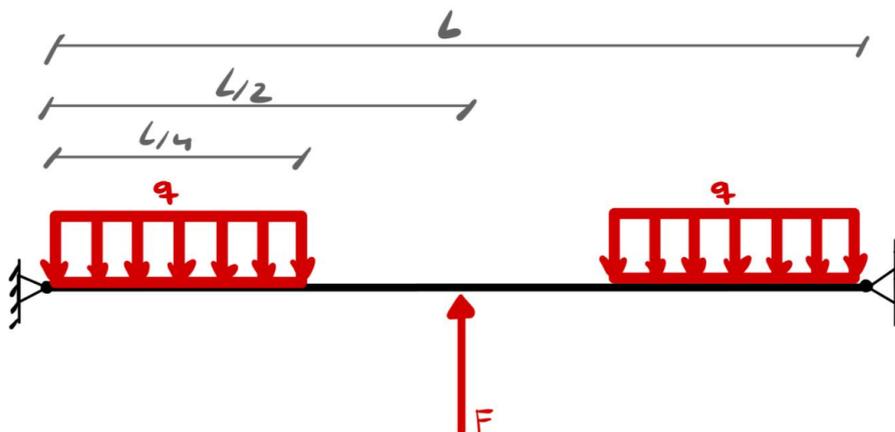


Figura 32. Esquema de cargas sobre perfil IPN.

En este esquema la fuerza F equivale a la que transmite el gato. La carga distribuida q, equivale al peso del marco (100kg) a lo largo de los puntos de apoyo. Al ser el ancho de las vigas de apoyo de 50mm, equivaliendo a 1/4 de la longitud del IPN, lo que no permite asumir que son dos apoyos puntuales. Al estar repartido en dos puntos de igual longitud, el valor q se calcula como:

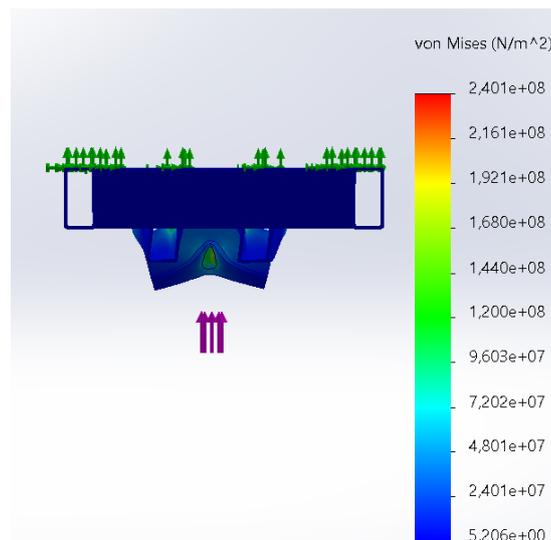
$$q = \frac{M * g}{L/4} = \frac{100kg * 9,81m/s^2}{0,2m/4} \rightarrow q = 19.620N/m$$

Las cargas distribuidas  $q$  se encuentran entre las posiciones de  $x$ :  $0 \leq x \leq L/4$  y  $3L/4 \leq x \leq L$  respectivamente. Al analizar los resultados obtenidos durante el desarrollo de esta distribución se ha observado que los valores de momento y desplazamiento máximos han sido menores que en el caso simplificado, esto es debido a la dirección opuesta de las fuerzas. Por ello se toman como referencia los valores del cálculo anterior. El desarrollo de este sistema se encuentra en el apartado de Anexos 8.1.1.

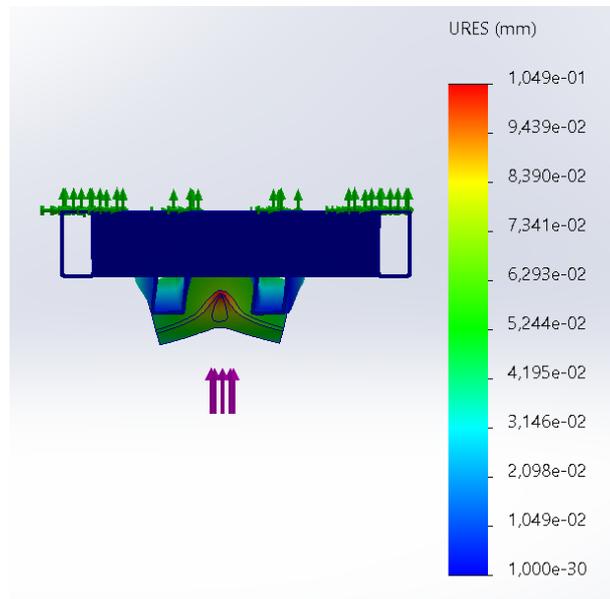
Una vez se realizaron los cálculos, se decidió que se podían hacer simulaciones de todo el marco inferior para analizar en detalle la distribución de las tensiones en el conjunto y de las deformaciones. Estas simulaciones se han hecho mediante el paquete de análisis estático de SolidWorks.

En ellas, se estableció la restricción total de movimiento a la cara superior del marco, es decir, la plancha que estará en contacto con el plástico, así como se estableció una fuerza de 5T sobre el área en la que apoya el gato hidráulico en la viga IPN que se ha calculado previamente.

Los resultados obtenidos han sido los siguientes:



*Figura 33. Resultado del análisis de las tensiones.*



*Figura 34. Resultado de análisis de los desplazamientos.*

Como se puede ver, la deformada y la tensión máxima se producen en el mismo sitio que se ha calculado con el desarrollo tradicional. En estas simulaciones se obtiene que el valor de la tensión máxima obtenido en el primer análisis es inferior al límite elástico del material. Y en el análisis de desplazamiento se observa que el máximo será muy inferior al valor de 0,57mm, que era el límite que se había calculado. Con ello se puede dar por válido el diseño y los cálculos realizados.

#### **4.2.2 ANÁLISIS TÉRMICO**

La máquina funciona mediante 20 resistencias planas, 10 en cada una de las planchas. Para realizar el control de la temperatura, se han utilizado 2 termostatos, uno en la plancha superior y el otro en la inferior, en estos se selecciona la temperatura deseada y mediante un sensor, cuando detectan que dicho punto ha alcanzado la temperatura seleccionada abre el circuito y corta la alimentación. Cuando la temperatura desciende vuelve a cerrar el circuito permitiendo el paso de electricidad. Ambos termostatos no regulan la intensidad, es decir cuando el circuito está cerrado y permite el paso de corriente, las resistencias están operando a su valor de potencia nominal. Para realizar un cálculo más sencillo y que sirva de referencia se va a realizar la suposición de un sistema estacionario y con la cara de las resistencias que

no está en contacto con la placa totalmente aislada, para así poder realizar el cálculo de la transferencia de calor de una fuente térmica a través de diversas capas.

Las temperaturas de trabajo que se desean en la capa media del plástico son de unos 130°C (Precious Plastic, s.f.). Para el dimensionamiento de las resistencias necesarias, se ha realizado un estudio de la transmisión de calor mediante conductividad. Se desea conocer cuál es la potencia que deben tener las resistencias para alcanzar las temperaturas deseadas. Una vez conocida dicha potencia total, se repartirá en pequeñas resistencias por toda la superficie de la plancha, para distribuir la temperatura de la manera más uniforme posible.

El sistemas de capas utilizado ha sido el siguiente:

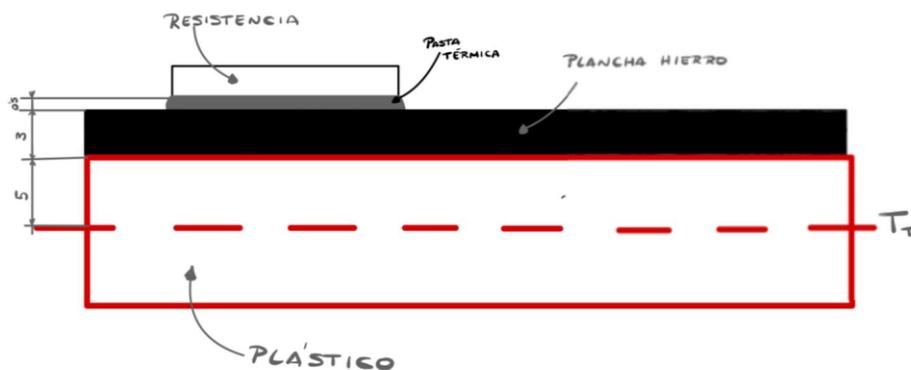


Figura 35. Esquema de las capas térmicas del sistema.

Para el cálculo de la potencia se realiza utilizando la relación entre las diferencias de temperatura entre las capas y la resistencia conductiva de cada una de ellas. Al estar las capas una detrás de otra, sin posibilidad de que el calor tenga caminos alternativos, genera un sistema de resistencias térmicas en serie.

$$\dot{Q}[W] = \frac{T_{resist} - T_{TrabajoPlast}[K]}{R_{TOTAL}[\frac{K}{W}]}$$

$$R_{TOTAL}[\frac{K}{W}] = R_{PastaTerm} + R_{Plancha} + R_{Plástico}$$

$$R_{\text{conductividad}} \left[ \frac{K}{W} \right] = \frac{L[m]}{\rho \left[ \frac{W}{mK} \right] * A[m^2]}$$

La L hace referencia a la distancia que debe de recorrer el calor de una capa a la otra, en este caso se refiere al espesor.

A continuación, se presenta una tabla con los valores de espesor (L), conductividad térmica ( $\rho$ ) y el área (A) de cada una de las capas, así como el valor de su resistencia térmica aplicando la fórmula:

	<b>Pasta térmica</b>	<b>Plancha hierro</b>	<b>Plástico</b>
<b>L (mm)</b>	0,5	3	5
<b>A (mm<sup>2</sup>)</b>	60000	400000	400000
<b>Cond. Térmica (W/mK)</b>	85	79,5	0,38
<b>Resistencia Térmica (K/W)</b>	<b>0,000098</b>	<b>0,000094</b>	<b>0,032895</b>

Tabla 2. Valores térmicos de cada una de las capas del sistema.

Al no tener un acceso a una red eléctrica fiable y depende de un grupo generador el consumo eléctrico de las máquinas se debe regular, para ello se parte de un consumo de uno 1200W por cada uno de los conjuntos de 10 resistencias, conocido este valor se realiza la transformación a vatios térmicos, que al ser las resistencias elementos, altamente reactivos al aumento de la temperatura por el paso de corrientes por ella se puede suponer que esta transferencia es de un 96%. Es decir, por cada vatio de potencia eléctrica se generan 0,96 vatios térmicos. Una vez conocidos los valores de las resistencias térmicas, resistencia es de 400°C (datasheet adjunta) y que la temperatura máxima que se espera alcanzar durante el trabajo del plástico es de 150°C, se puede calcular cual es la potencia máxima que deberán poder aportar las resistencias al sistema:

$$\dot{Q}[W] = \frac{\Delta T[K]}{R_{TOTAL} \left[ \frac{K}{W} \right]} = \frac{\Delta T[K]}{(0,000098 + 0,000094 + 0,032895) \left[ \frac{K}{W} \right]} = 1200W * 0,96$$

$$\Delta T[K] = 38,12^{\circ}C$$

Sabiendo que el plástico debe alcanzar una temperatura no superior a los 130 °C, se deben buscar unas resistencias, que al utilizarse generen una temperatura superficial no superior a los 175°C.

Tras buscar en numerosos catálogos de resistencias, se encontraron unas planas de la tienda Mainre, donde se comentó que debido al material del que iban recubiertas, las temperaturas máximas que alcanzaban eran de 200°C. Se decidió utilizar estas, las cuales se vendían de diferentes potencias. Cada una de las placas lleva 4 de 175W, 2 de 125W y 4 de 50 W, haciendo un total de 1150W para cada una de las planchas. La disposición final de la resistencias en cada una de las planchas es la siguiente (resistencias 50W representadas en color rojo, 175W color verde y 125W en color azul):

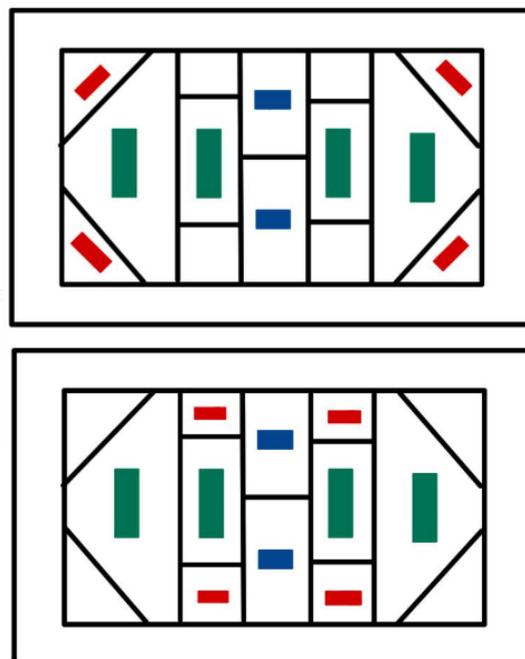


Figura 36. Imagen de la disposición de las resistencias en el marco superior (arriba) e inferior (debajo).

La disposición no simétrica de las resistencias es algo que se cambió una vez puesta en marcha la máquina y observando los primeros resultados. Con esta disposición, se permite repartir el calor de una manera más uniforme a lo largo de toda la pieza.

## **4.3 INYECTORA**

Esta es la segunda máquina de postproceso, con ella se ha buscado poder realizar piezas de geometrías más complejas y utilizando menos plástico que en el caso de la prensa.

### **4.3.1 DISEÑO ESTRUCTURAL**

La inyectora consiste en un tubo hueco de 32mm de diámetro interno y 40mm de diámetro exterior. Este se encuentra rodeado de 5 resistencias eléctricas, 4 de 125W y una (la del extremo inferior) de 150W. El funcionamiento de la máquina consiste en introducir plástico triturado en el tubo hueco, por una cavidad lateral, hasta cubrir todo el volumen que se encuentra rodeado por las resistencias. Una vez lleno se gira el termostato hasta la temperatura, el cual, como en la prensa funciona mediante un sensor de temperatura, el cual cuando detecta la temperatura marcada, abre el circuito y no deja pasar la corriente.

Mientras el plástico se calienta, se coloca en el extremo inferior de la máquina el molde de inyección de aluminio. Una vez colocado y el plástico en las condiciones adecuadas, se procede a tirar de la palanca, la cual mediante el mecanismo diseñado empuja una barra que inyecta el plástico en el molde.

Para el diseño de este prototipo se utilizó de inspiración el sistema propuesto por Precious Plastic, pero debido al espacio disponible en el taller y a los materiales que se disponía hubo que hacer diversas modificaciones.

Se decidió que la máquina iba a estar anclada directamente en la pared, en lugar de crear una base y que está apoyase en el suelo. Esta decisión hizo que se complicará ligeramente el boceto, ya que, ahora existía una restricción del movimiento hacia atrás de las pletinas que empujan la barra maciza. Esto hizo que se tuvieran que realizar muchos dibujos esquemáticos e ir jugando con las dimensiones hasta encontrar las adecuadas.

Una vez se tenía cuáles eran las dimensiones, el siguiente paso fue analizar si se podía obtener las piezas del material que sobraría de las otras dos máquinas, ya que esta es la más pequeña.

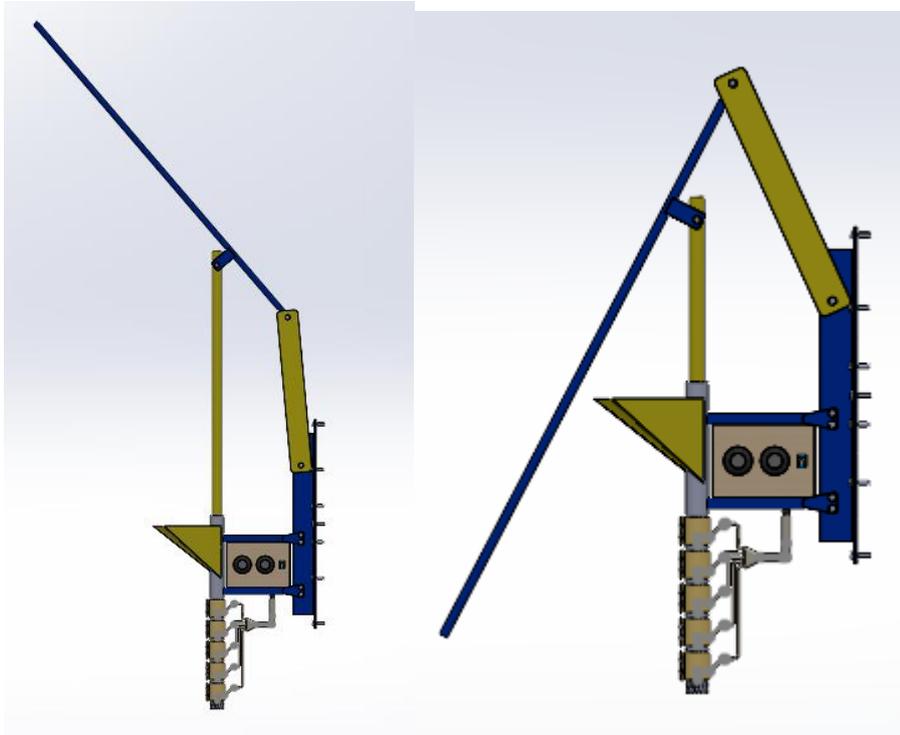


Figura 37. Diseño de la inyectora. En sus límites de recorrido.

### 4.3.2 ANÁLISIS TÉRMICO

La lógica utilizada para esta máquina es la misma que en la prensa, conocer la temperatura de trabajo del plástico, saber que potencia eléctrica queremos consumir y buscar en el mercado que resistencias obtiene la temperatura deseada en su superficie. La peculiaridad de estos cálculos es que hay que realizarlos en coordenadas cilíndricas.

$$\dot{Q}[W] = \frac{\Delta T[K]}{R_{TOTAL} \left[ \frac{K}{W} \right]}$$

En este caso, para el cálculo de la fórmula de la resistencia térmica hay que analizar el caso base de una tubería hueca de radio interno  $r_0$  y radio externo  $r_1$ . El radio interno se encuentra a una temperatura  $T_0$  inferior a la temperatura  $T_1$  del radio externo. Analizando este caso se obtiene que:

$$\dot{Q}[W] = -KA \frac{dT}{dr} = -K * 2\pi * r * l * \frac{dT}{dr}$$

$$\int_{r_1}^{r_0} \frac{dr}{r} = \int_{T_1}^{T_0} \frac{K * 2\pi * l}{\dot{Q}} (T_1 - T_0)$$

$$\dot{Q} = \frac{K * 2\pi * l}{\ln\left(\frac{r_0}{r_1}\right)} * (T_1 - T_0)$$

De donde se saca que el valor de la resistencia térmica de cada una de las capas es:

$$R = \frac{\ln\left(\frac{r_0}{r_1}\right)}{K * 2\pi * l}$$

Los valores de cada una de las capas se muestran en la siguiente tabla:

	Pasta térmica	Tubo exterior
L (mm)	0,5	4
rext(mm)	20,5	20
rint(mm)	20	16
Cond. Térmica (W/mK)	85	79,5
Resistencia Térmica (K/W)	<b>0,092469</b>	<b>0,111681</b>

Tabla 3. Valores de la resistencias térmicas del sistema.

Para el diseño de esta máquina, la potencia utilizada es muy similar a la que proponía Precious Plastic, ya que las dimensiones y los materiales utilizados eran muy similares, para ello se utilizan 4 resistencias de 125W y una de 150W, utilizando una potencia de 650W eléctricos. Con ello el valor de diferencial de temperatura es:

$$\dot{Q} = \frac{\Delta T[K]}{R_{TOTAL}} \rightarrow \Delta T[K] = 650W * \left(0,082469 \frac{K}{W} + 0,11168 \frac{K}{W}\right)$$

$$\Delta T[K] = 126,2^{\circ}C$$

Tras buscar en numerosos catálogos de resistencias, se encontraron unas del diámetro indicado con unas pletinas laterales con tornillo, que permiten apretar la resistencia alrededor

del tubo. Se compraron en la misma tienda que las resistencias de las prensa (Mainre), donde se comentó que debido al material del que iban recubiertas, las temperaturas máximas que alcanzaban eran de 300°C.



*Figura 38. Disposición final de las resistencias en la inyectora.*

#### **4.4 DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO ELÉCTRICO**

Como se ha comentado anteriormente, la ciudad de Mongo no dispone de una red eléctrica estable, que suministre energía de manera constante durante todo el día. La ciudad cuenta con una central eléctrica fotovoltaica, la cual suministra energía a ciertas zonas de la ciudad durante unas 10 horas al día. Los ciudadanos de Mongo cuentan con diferentes sistemas para tener electricidad en las zonas donde la red no llega, o a las horas donde el servicio se corta. En ciertas tiendas se ven dispositivos que cuentan con una placa fotovoltaica de pequeñas dimensiones conectada a una batería, permitiendo que esta cargue, este mismo dispositivo cuenta con enchufes para poder conectar dispositivos electrónicos. Otros de los elementos más utilizados son los grupos electrógenos. Mediante la utilización de gasolina o diésel pueden transformarla en energía eléctrica para máquinas o herramientas.

La sala donde se ha instalado el taller de reciclaje de plástica no cuenta con acceso a la red eléctrica, por ello se optó por la utilización de un grupo electrógeno de gasolina trifásico de 15kVA. A pesar de no ser la mejor solución a nivel medio ambiental, es la única opción

realmente viable para poder utilizar las máquinas. Este grupo alimento de energía eléctrica al taller (iluminación y tomas de fuerza), a la inyectora, el motor eléctrico de la trituradora y los dos marcos de la prensa calorífica. Este grupo generador consta con acceso a las tres fases y neutro. La instalación que se ha realizado en el taller es la de conectar la iluminación, las tomas de fuerza y la inyectora a una fase, la plancha superior de la prensa a otra y la plancha inferior a la tercera, mientras que el motor de la trituradora al ser trifásico está conectado en triángulo a las tres fases. El esquema es el siguiente:

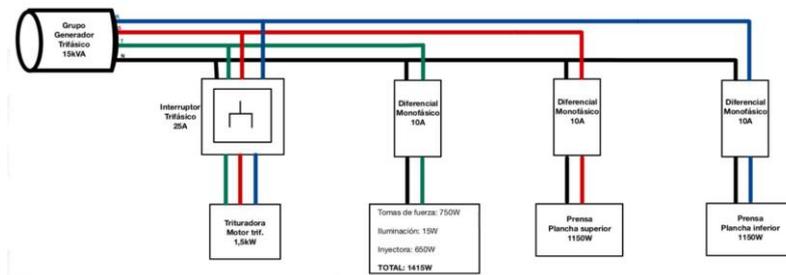


Figura 39. Esquema eléctrico del taller.

Como se puede ver en el esquema, la distribución de cargas se ha hecho de la mejor manera posible para el balance de cargas en cada una de las fases. Por fase se ha establecido entre 1100 y 1400kW, el consumo del taller con todas las máquinas trabajando al mismo tiempo, con toda la iluminación y con elementos conectados en las tomas de fuerza es de: 5,1kW.

Una vez conocido dicho valor se puede realizar el dimensionamiento de la sección del cable que se necesita. Para ello se va a analizar la sección para la intensidad máxima que circulará por el sistema y para una caída de tensión de 3%.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V} = \frac{5.100W}{\sqrt{3} * 380V} \rightarrow I = 7,75A$$

Esta es la intensidad que circulará por el circuito a pleno funcionamiento, pero se sabe que durante el momento de arranque los motores eléctricos presentan un aumento de su intensidad, por ello se ha utilizado un factor de seguridad de 2. Haciendo que la intensidad máxima con la que se dimensionan los cables sea de:

$$I_{max} = 2 * I = 2 * 7,75A \rightarrow I_{max} = 15,5A$$

Según las tablas de intensidades máximas analizadas (Cinjordiz, s.f.), la sección del cable tiene que ser como mínimo de  $2,5\text{mm}^2$ .

La fórmula utilizada para el cálculo de la tensión de 3% en la instalación trifásica es la siguiente:

$$A = \sqrt{3} * \frac{L * I}{\Delta V} * \rho = \sqrt{3} * \frac{30m * 15,5A}{0,03 * 380V} * 0,01786 \frac{\text{mm}^2}{m} = 1,26\text{mm}^2$$

Por la caída de tensión admisible se debe utilizar como mínimo una sección de  $2,5\text{mm}^2$ .

Por seguridad y por la facilidad de acceso a este tipo de cable para futuras reparaciones o mantenimiento se optó por utilizar cable de cobre de  $4\text{mm}^2$  de sección. En las tiendas de Mongo es el más habitual y ya que está por encima de la sección mínima necesitada se optó por comprar grandes cantidades y ahorrar algo de presupuesto.

Otros de los puntos importantes de esta sección son los circuitos internos de cada una de las máquinas. La trituradora es un motor trifásico conectado en triángulo al grupo generador. En cambio, la inyectora y la prensa cuentan con circuito eléctricos monofásicos a cada una de las líneas. Ambas máquinas funcionan con termostatos, estos dispositivos permitan seleccionar una temperatura deseada, mediante un sensor, estos aparatos median la temperatura de la superficie que estuviera en contacto con este, una vez alcanzada la marcada, el dispositivo abre el circuito impidiendo el paso de corriente, hasta que detecta un enfriamiento y vuelve a cerrar el circuito. Este sistema permite realizar un control de temperatura de una manera muy simple, sin necesidad de elementos digitales. Se decidió utilizar sistemas analógicos de control porque debido a las altas temperaturas de Chad, los sistemas digitales pueden verse muy afectados y no tener una duración tan larga como la esperada. Además, los sistemas analógicos son más sencillos y baratos permitiendo que se puedan obtener de una manera más sencilla de Chad, sin necesidad de tener que llevarlos desde Europa.

Los esquemas que se seguidos han sido los siguientes:

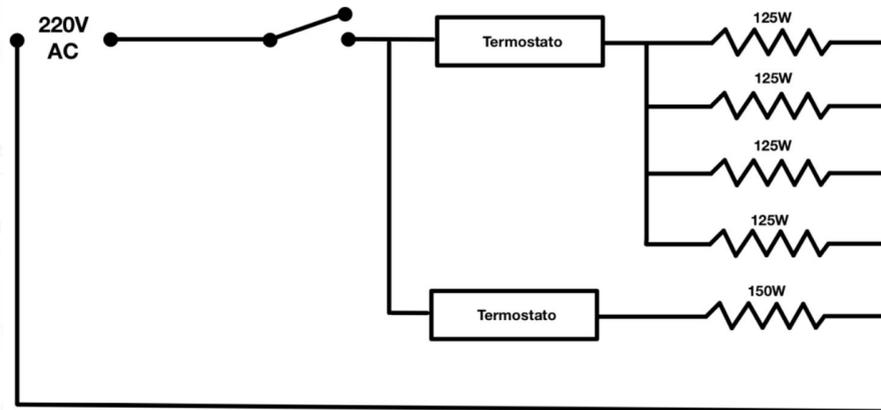


Figura 40. Circuito eléctrico de la inyectora.

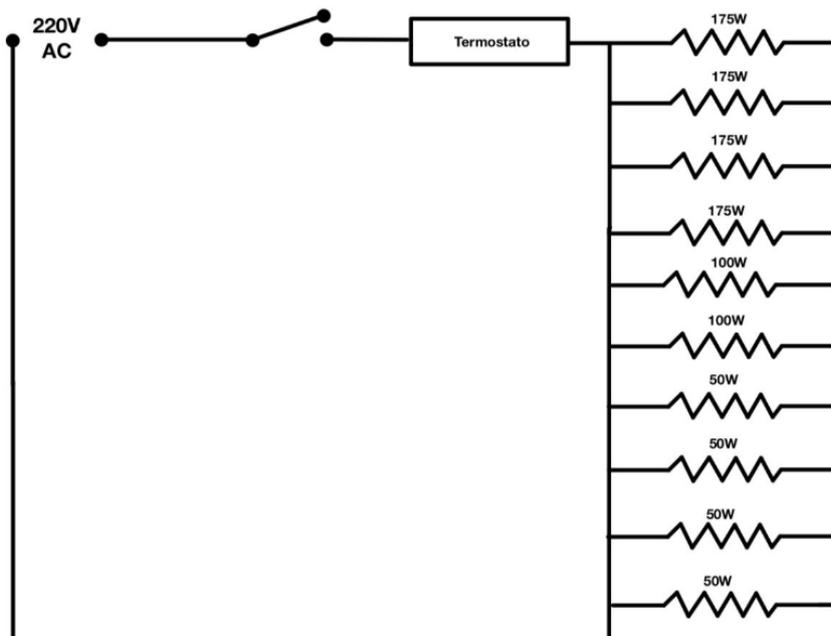


Figura 41. Circuito eléctrico de cada uno de los marcos de la prensa de calor.

Ambos son dos sistemas sencillos y económicos que cumplen a la perfección las necesidades que se buscaban cubrir.

## **Capítulo 5. FABRICACIÓN E INSTALACIÓN DEL TALLER**

En esta sección se va a explicar cómo fue la fabricación y montaje de las máquinas en Mongo, así como la instalación definitiva del taller, la capacitación de la gente y como se desarrolla la actividad actualmente y cuáles son los siguientes pasos a seguir.

### **5.1 FABRICACIÓN DE LAS MÁQUINAS**

#### **5.1.1 TRITURADORA**

Como se ha explicado en el capítulo anterior, toda la caja trituradora es sacada de la plataforma Precious Plastic. Esto se ha hecho debido a diversas circunstancias. La primera y principal es por el buen trabajo que estaba hecho por parte de la comunidad. La caja de cuchillas es realmente buena, con tolerancias y los dimensionamientos necesarios para el correcto funcionamiento. Investigando por la página web todas las opiniones de las personas que habían utilizado este diseño eran muy satisfactorias. Por otro lado, influencio el tiempo que se tenía. Ya que habría que haber realizado los cálculos, diseñado, simulado y fabricado en unos tres meses, sin tener la certeza absoluta de que funcionara como debía. Y al tener que llevarlo a Mongo y no tener capacidad de maniobra una vez detectado algún error se optó por utilizar la ya diseñada.

Esta máquina, es de vital importancia para el proyecto, ya que sin ella ninguna de las otras dos máquinas tendría sentido. Por ello, por la seguridad, ya que no deja de ser una máquinas que gira a altas revoluciones y con elementos cortantes, sus piezas se debieron de fabricar en España.

El proceso de fabricación fue el siguiente:

### **1. Fabricación de piezas acero de la caja trituradora.**

Debido a la geometría, y a la necesidad de buenas tolerancias, estas piezas de acero fueron fabricadas en un taller de mecanizado, VALMOLDES S.L., situado en Aranjuez. La necesidad de fabricarlas en Europa era realmente alta, aunque encareciese el proceso, ya que, en Chad o países cercanos la existencia de talleres de mecanizado que trabaje con buenas tolerancias es casi nula.

El resultado obtenido fue de muy buena calidad, generando piezas, que con un mínimo postproceso (limado y desbarbado), permitieron un montaje sencillo.

### **2. Fabricación del eje.**

Al igual que la caja trituradora, el eje, debido a sus calidades, su dificultad técnica y su importancia, también fue fabricado en España.

Para esta pieza cabe destacar que se tuvo uno de los problemas más importantes del proyecto, y es que, una vez llegados a Mongo, y dispuestos a montar la caja. Se comprobó que el eje fabricado no era de las dimensiones requeridas para la caja. Ya que por error se escogió el archivo del eje de la primera versión de la máquina, el cual era de menor tamaño.

La solución vino de parte de uno de los profesores de la universidad que más se involucran en esta clase de proyectos, Don Luis Rayado, se contactó con él vía email, para ver si se podía fabricar el nuevo eje en TEYDE, (compañía en la que trabaja). No solo lo hizo en tiempo récord, si no que estos gastos corrieron de su parte.

Una vez fabricado el eje pude ser transportado a Mongo por el subdirector del proyecto Carlos Sanjuan, que llegaba el 10 de agosto.

### **3. Ensamblaje de la caja.**

Como se ha explicado en el apartado de diseño, la caja trituradora es un ensamblaje de 4 paneles, 2 laterales con sendas aperturas que hacen de guía para el eje, y otras dos frontales sin aperturas, a las que van unidas las cuchillas fijas.

La parte superior, está completamente abierta para permitir la entrada del plástico desde el cono de alimentación. La parte inferior, en cambio, consta de una rejilla, que hace que el plástico de tamaño superior al deseado no pase. En relación a este aspecto se fabricaron dos tipos de tamices con diferente tamaño de agujero, para poder intercambiarlas en caso de que se quisiera tritura plástico de diferentes dimensiones.

Es a esta caja a la que van unidos los rodamientos. Para una mejor instalación de estos, se utilizó la técnica basada en la contracción térmica. Debido a la tolerancia de apriete que presentaba el rodamiento con el eje, su instalación sin prensa, o sin herramientas específicas es un poco complicada. Para facilitar el trabajo es muy conveniente reducir la temperatura del eje, consiguiéndose la contracción térmica deseado. Para ello se colocó toda la caja ensamblada en el congelador, reducción la dificultad de su instalación.



*Figura 42. Imagen final de la caja trituradora vista desde arriba a través del cono de alimentación.*

#### **4. Construcción cono de alimentación.**

Una vez se tenía la caja trituradora ensamblada, el siguiente paso era realizar el cono de alimentación, para poder verter el plástico a la trituradora sin posibilidad de tener las manos cerca de las cuchillas. Debido al coste de los materiales, se decidió crear este cono de contrachapado, material fácil de trabajar y del que se tenía en exceso. Se basó el diseño en las medidas que daba Precious Plastic, y una vez dibujado sobre el contrachapado se cortó y se pegó. Realizándose también una tapa del mismo material unida mediante una bisagra.

#### **5. Instalación motor**

Esta fue una de las partes más complicadas del proyecto. En primer lugar, se valoró y se aceptó la opción de utilizar como elemento motriz un motor de combustión interna, específicamente de una motocicleta.



*Figura 43. Desguace de moto donde se obtuvo el taller.*

Para ello, se utilizó un motor de una moto desguazada, se eliminaron las partes que no eran necesarios y se instaló una nueva batería.



*Figura 44. Explicación instalación de la batería por los empleados del desguace.*

Instalados el motor de combustión y la trituradora, solo quedaba su acoplamiento, para ello se ideó un sistema de cadena, que unía el piñón del motor con una corona fabricada desde cero.



*Figura 45. Vista en detalle del sistema de transmisión del motor de combustión.*

Después de intentar utilizarlo, y apareciendo la oportunidad de poder comprar y traer desde España un motor eléctrico de 1,5 kW con una reductora, se optó por el cambio. Las razones principales eran que el motor de combustión transmitía muchas vibraciones a la máquina y su funcionamiento no era muy limpio, ya que no se era capaz de generar un par constante durante el proceso de fabricación.

Una vez se tuvo el motor eléctrico, se produjo el acople entre la caja trituradora y este mediante un acople tipo Old Man.

## **6. Sujeción.**

Una vez se tenía la caja trituradora y el motor ya en condiciones de ser unidos, se buscó la forma más fácil de sustentarlo todo. La solución fue con una mesa de trabajo ya fabricada a la que se le debiendo de hacer ciertos retoques. Realizar puntos de anclajes para las máquinas y un agujero del tamaño del orificio de salida del tamaño de la caja trituradora para que el plástico pudiera caer al recipiente situado justo debajo.



*Figura 46. Trituradora con el motor eléctrico ya instalado.*

## **5.1.2 PRENSA DE CALOR**

A continuación, se procede a explicar la que fue la máquina más compleja de fabricar. Como se ha explicado anteriormente, el diseño mecánico contaba con un gran número de componentes, de elevado peso, la instalación eléctrica era de grandes dimensiones y potencia. Como se puede llegar a pensar la fabricación de esta máquina se llevó a cabo durante casi todo el tiempo que estuvimos en Mongo. Las diferentes fases de su realización fueron las siguientes:

## **1. Fabricación de todos los componentes.**

Durante las primeras dos semanas en Mongo, se realizaron todos las piezas necesarios para el ensamblaje. Esta fase fue realmente laboriosa, podemos distinguir entre la fabricación de diferentes piezas.

En un primer lugar se realizaron las piezas estructurales que formaban las patas, la sujeción de las patas, el marco inferior con sus vigas de apoyo para el gato hidráulico y el marco superior. Estas están formadas a partir de perfiles normalizados rectangulares de acero. Para ello se utilizó de manera consistente la radial y los taladros de mano. Algunos de los principales problemas que surgían era el calentamiento de las herramientas, haciendo que el avance no fueran todo lo rápido que deseábamos.

Una vez se tuvieron las piezas estructurales, se procedió con el corte de las pletinas que formaban el exoesqueleto de los marcos inferior y superior. Para ello se partía de plancha de acero de 5 milímetros. Se dibujaban las medidas deseadas encima de la plancha y con la radial se obtenían las piezas deseadas.

Cuando se obtuvieron todas las pletinas, lo siguiente era la fabricación de las piezas que formarían las guías para el movimiento vertical de la máquina. Estas constaban de un tubo macizo, el cual había que cortar a la medida deseada, pequeños tubos hueco que abrazarían a las guías y 4 pequeñas pletinas que irían soldadas a los tubos hueco y al marco inferior.

Al mismo tiempo se analizaba como se podría obtener dos planchas de aluminio de 1000x420 y 10mm de espesor. Este elemento era clave para el correcto funcionamiento de la prensa, el problema surgió durante la compra de materiales en Yamena. Aquí fue donde se realizó toda la compra de materiales estructurales de grandes dimensiones, ya que en Mongo no vende este estilo de componentes. Pero cuando se compró el resto no se pudo encontrar ninguna pieza de aluminio que tuviera las dimensiones deseadas. Por ello, hubo que innovar.

La primera idea surgió fue la de fabricación de esta mediante fundición. Hablando con Mahamat y explicándole que era lo que se deseaba, explicó que en Mongo había un barrio

de fundidores que se dedicaban a trabajar el aluminio para realizar ollas y otros elementos de cocina, mediante el uso de fundición en molde de arena. Tras esta noticia se decidió ir a visitarles y comentarles la situación.

La primera visita que se realizó fue realmente impresionante, habían creado un pequeño horno que alcanzaba las temperaturas necesarias para fundir el aluminio. Consistía en un agujero en el suelo con fuego, en el que se colocaba un recipiente de acero o hierro en el que se introducía el aluminio que se deseaba fundir. Este agujero contaba con un pequeño orificio lateral por el que entraba aire que hacían soplar dándole vueltas a una manivela que accionaba un turbocompresor de automóvil situado en la superficie.



*Figura 47. Fundidor en su taller dándole vueltas a la manivela para avivar el fuego.*

El aluminio que se fundía se había comprado en Mongo, en tiendas que se dedicaban al arreglo de motos como a su desguace. Al ser piezas irregulares, la manera de saber si se tenía la cantidad necesaria era mediante el peso. Una vez se obtuvo se procedió a fundirlo, la técnica consistía en introducir el aluminio en el recipiente, y hacer girar la manivela sin parar para que el fuego se mantuviera constante. Cuando el material se encontraba completamente fundido, los trabajadores utilizaban una técnica un tanto peculiar para la limpieza de las impurezas. Consistía en la introducción de una pila de tamaño considerable, que previamente

se había roto conscientemente para que los químicos pudieran entrar en contacto con el material. Tras un minuto sacaban la pila que se encontraba totalmente recubierta de otras sustancias.

Una vez se tenía el aluminio fundido y limpio se procedía al vertido sobre el molde. Se realizaron tres intentos para la fabricación de la pieza. El mayor problema que se encontró fue la imposibilidad de crear un molde de arena totalmente cerrado debido a las dimensiones. Por ello la primera opción por la que se optó fue la creación de un molde en el suelo, con las dimensiones de la placa, para ello se utilizó un contra molde de madera con un mango que se introdujo en la arena para hacer la forma deseada. Esta solución contaba con varios inconvenientes, el primero fue que el espesor que se generaba al introducir el contra molde no eran exactamente los 10mm que se buscaban, haciendo que el volumen final fuera superior, lo que, al verter el material, no se llegara a cubrir todo el molde, produciendo una pieza incompleta y con espesores desiguales. Para el segundo intento se utilizó la misma idea, pero intentando mejorar el proceso. Se llegó a crear una pieza completa, de espesor variable y con acabados de no buena calidad. Con este resultado no se podía trabajar y había que pensar otras opciones.



*Figura 48. Vertido del material en el molde de arena al descubierto.*

A la desesperada se pensó en realizar un molde en acero, el cual no era complicado y se tenía en exceso, una vez se fabricó se llevó a la fundición, pero al verter el material la contracción

térmica del acero hizo que las paredes del molde se retorciera produciendo cierres interno en el molde, y haciendo imposible seguir con el proceso.



*Figura 49. Mahamat tras finalizar la soldadura del molde de acero.*

Una vez comprobado que la fabricación de una plancha de aluminio por fundición era algo realmente complicado en esas condiciones. Se pasó a pensar en otras opciones que pudieran ser viables.

La idea que se decidió llevar a cabo fue la sustitución de la plancha de aluminio por una de acero. Esto conllevaba un redimensionamiento de la máquina, tanto a nivel térmico como estructural. Se debía calcular el nuevo peso que sustentaría el exoesqueleto y el marco, así como si la conductividad térmica del material sería suficiente.

En cuanto a la cuestión térmica, se analizó mediante la fórmula de la resistencia térmica que espesor sería necesario para igualar los valores de la pieza de aluminio. La resistividad térmica del aluminio es de 205 W/mK mientras que la del hierro es de 79,5W/mK (Hyperphysics). La relación de proporcionalidad entre ellas es de 2,57 veces.

Si se analiza la fórmula de resistencia térmica:

$$R = \frac{L}{\rho * A}$$

Donde, L será el espesor de la plancha,  $\rho$  es la conductividad térmica del material y A el área de la plancha. Haciendo los cálculos se obtiene el espesor que debe tener la plancha de hierro para tener la misma resistencia técnica que el aluminio.

$$R_{AL} = \frac{L_{AL}}{\rho_{AL} * A_{AL}} = \frac{L_{FE}}{\rho_{FE} * A_{FE}} = R_{FE}$$

$$\frac{10 * 10^{-3}m}{205 \frac{W}{mK} * 0,42m^2} = \frac{L_{FE}}{79,5 \frac{W}{mK} * 0,42m^2} \rightarrow L_{FE} = 0,00387m = 3,87mm$$

Este es el espesor máximo que podía tener la chapa de hierro para tener la misma resistencia térmica que la plancha de aluminio. Al disponer de acceso a un plancha de hierro de 3mm el problema estaba solventado, por lo que se procedió al corte de las dos chapas necesarias mediante radial.

Con esto se obtuvo todas las piezas necesarias para el montaje.

## **2. Soldadura y montaje.**

Una vez se tuvieron todas las piezas, se procedió al montaje de cada uno de los subensamblaje de la máquina. En primer lugar, se soldó la H que funciona como soporte para las 4 patas y el punto de apoyo del gato hidráulico. Después se realizaron el conjunto de las patas, que constaban con los raíles guía del marco inferior. Por último, se fabricaron los dos marcos con sus exoesqueletos, para esta parte se necesitó las manos de los 3 a la vez ya que la geometría compleja y el peso de las piezas hacía que fuera complicado su manejo para soldar.



*Figura 50. Mahamat soldando uno de los marcos de la máquina.*

Tras finalizar los 5 ensamblajes, se procedió al ensamble final. En primer lugar, se soldaron las patas al soporte en H que las mantenía unidas. Una vez montado se procedió a la unión de las guías de movimiento vertical con el marco inferior, estas uniones se realizaron con 8 tornillos por cada uno de los lados. Una vez colocado se pasó a la soldadura del marco superior sobre las patas.

### **3. Instalación eléctrica.**

Una vez finalizado el proceso de construcción se realizó la instalación eléctrica de la máquina, como con la inyectora, se realizó de manera independiente el circuito diseñado, y se comprobó que funcionaba correctamente.

Tras estar seguros se procedió a la instalación en la máquina, colocando las resistencias en sus posiciones para distribuir el calor de una manera uniforme. Tras las primeras pruebas se vio que el calor no se estaba repartiendo de la manera más eficaz, por lo que se realizó un cambio de la distribución para solventarlo. La disposición final de las resistencias se analiza en el apartado del dimensionamiento eléctrico del sistema (cap. 4.4).

Tras la instalación definitiva lo que quedaba era la creación de la caja de electrónica para poder colocar los mandos de los termostatos y sus dos interruptores. Como se ha explicado, es necesario la implementación de dos interruptores y de dos mandos de control, ya que el

marco superior y el inferior se encuentran conectados a fases distintas del generador, para balancear las cargas y no sobrecargar una.



*Figura 51. Prensa con la caja de electrónica ya instalada.*

#### **4. Construcción del techo y la salida de gases.**

Una vez construida, se optó por crear un techo sobre el marco superior que condujera los gases hacia la salida deseada.



*Figura 52. Prensa ya finalizada e instalada en el taller.*

### 5.1.3 INYECTORA

La inyectora fue la máquina que más fácil fue de fabricar con diferencia, su fácil funcionamiento y su simple diseño permitieron que en 3 días estuviera totalmente operativa. Es la segunda máquina fabricada para el postproceso del plástico tras ser triturado. Como se ha explicado en el capítulo 4, su funcionamiento es muy simple, pero produce grandes resultados. Gracias a ella se ha podido tener la posibilidad de realizar piezas de otras máquinas (rodillo para arado manual) utilizando moldes de aluminio.

Esta es una de las máquinas que permiten dotar al producto final de un valor añadido, abriendo la posibilidad de crear un gran rango de artículos mediante la fabricación de su molde. Es una realidad que hasta hace poco parecía impensable.

Los pasos que se siguieron para la fabricación de la máquina fueron los siguientes:

#### 1. Fabricación de las piezas.

Tras el diseño geométrico explicado en el capítulo 4, se pasó a fabricar cada uno de los componentes que se necesitaban. Para ello se realizaron cortes de tubos y chapas metálicas, soldaduras y taladrar piezas para permitir el paso tornillos que hacían el papel de ejes de rotación.



*Figura 53. Carlos y Mahamat trabajando en la medición de componentes de la inyectora.*

## 2. Ensamblaje

Una vez fabricados todos los componentes necesarios se pasó al ensamblaje y montaje de la máquina. Para dicho ensamblaje fue necesaria la ayuda de Mahamat para realizar soldaduras en ciertos componentes.

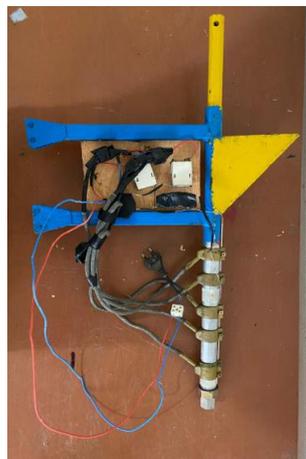
## 3. Instalación eléctrica

Una vez se tuvo toda la máquina ensamblada y comprobado que el movimiento era el correcto, faltaba la instalación de las resistencias que calentarían el plástico en el interior del tubo antes de ser inyectado.

Tras el dimensionamiento eléctrico y una vez diseñado el esquema que se comentaba en el capítulo anterior, se pasó a realizar la preparación de la instalación antes de colocarla en la maquinaria.

Una vez realizada y comprobada se pasó a la instalación definitiva, colocando las resistencias circulares alrededor del tubo, aislar las conexiones y fijar el cableado.

Cuando se tuvo todo colocado, quedaban fijar los mandos de los termostatos. Se decidió crear una superficie de madera en la que se realizaron huecos de las medidas de los mandos y del interruptor para poder fijarlos en la posición deseada.



*Figura 54. Instalación eléctrica de la inyectora conectada a la máquina para comprobar funcionamiento.*



*Figura 55. Inyectora instalada en el taller con instalación eléctrica acabada .*

## **5.2 INSTALACIÓN DEL TALLER**

El laboratorio de plásticos COMA, conocido como Plastic Lab. de Mongo, está diseñado como un espacio funcional y adaptable para el reciclaje y procesamiento de plásticos.

El espacio con el que cuenta el laboratorio es una planta de forma rectangular de 4,2 metros de ancho por 6,8 metros de largo. En la que es su interior se han dispuesto cuatro áreas de trabajo independientes:

- Sala de preparación de moldes y tratamiento de las planchas.
- Zona de inyección.
- Zona de trituración.
- Zona de prensado.

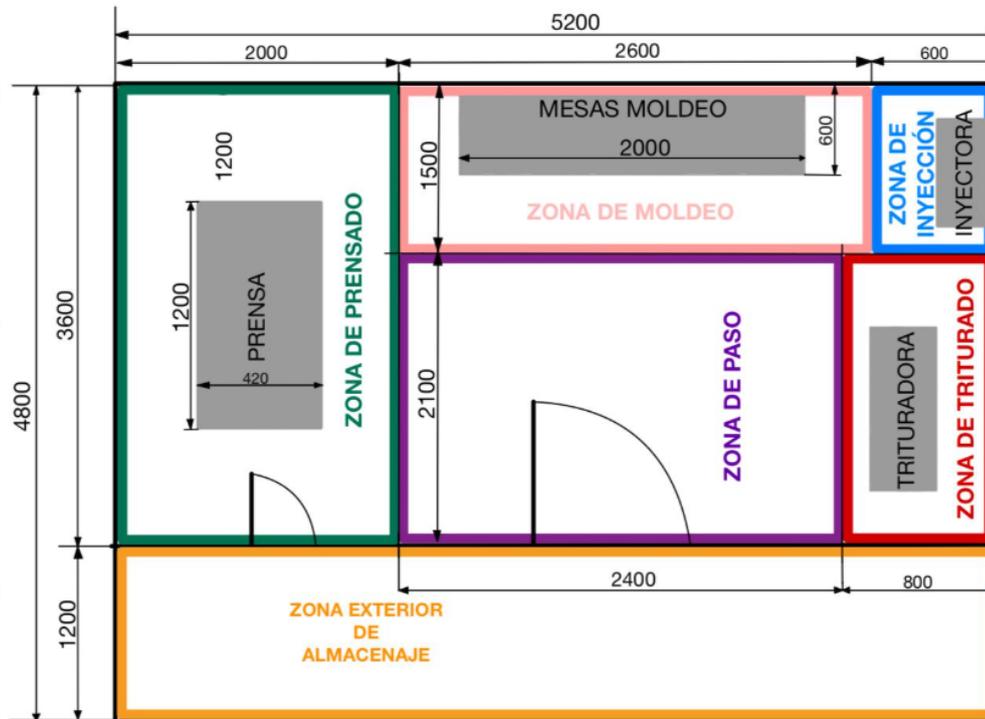


Figura 56. Plano final de la planta del taller.

En la zona externa tienen lugar las actividades de lavado y preparación del plástico para poder así optimizar el uso del espacio interior.

La instalación eléctrica del taller se ha tenido que hacer adaptándose a las circunstancias del lugar. La falta de una red eléctrica fiable y su difícil acceso han hecho que la energía necesaria para operar las máquinas del taller provenga de un motor generador de 15 kW en corriente trifásica.

Las tres fases del generador fueron distribuidas cuidadosamente entre las máquinas para mantener un consumo equilibrado y evitar sobrecargas en las intensidades nominales de cada fase y cable. Se utilizaron cables de 4 mm<sup>2</sup> de grosor, con dos cables por fase y uno por neutro, proporcionando un total de 8 mm<sup>2</sup> de grosor de cobre para cada máquina. Esta instalación asegura una mayor seguridad y eficiencia en el suministro eléctrico.

El consumo de las máquinas se consideró en el diseño del sistema eléctrico, el diagrama del cableado, y los cálculos realizados se explican en el capítulo 4.4.

El diseño y la distribución del Plastic Lab de Mongo reflejan un enfoque práctico y eficiente para el procesamiento de plásticos reciclados, garantizando la funcionalidad de las áreas de trabajo y la seguridad del sistema eléctrico. Este espacio no solo alberga las actividades de reciclaje, sino que también establece un estándar técnico que puede servir como modelo para talleres similares en la región.

### **5.3 CAPACITACIÓN DEL PERSONAL**

Una vez finalizado el acondicionamiento del espacio de trabajo del laboratorio de plásticos COMA, se desarrolló un programa intensivo de formación diseñado para capacitar a los futuros trabajadores en el manejo del plástico, desde su recogida como residuo, hasta su transformación en productos comerciales.

La estructura del programa formativo se diseñó como un curso con una duración de cinco días, con horarios de 9:00 a 13:00, donde un grupo de entre 4 y 8 participantes adquirió conocimientos técnicos y prácticos en reciclaje y economía circular.

Los temas tratados en cada una de las sesiones fueron los siguientes:

#### **Sesión 1: Identificación y Clasificación de Plásticos.**

Se abordaron los conceptos básicos de la industria del plástico, diferenciando entre termoplásticos reciclables y plásticos no reciclables. Los participantes aprendieron a identificar las 7 familias principales de plásticos clasificadas por la cinta de Moebius (PET, HDPE, PVC, LDPE, PS, PP y otros plásticos), con especial énfasis en sus propiedades y aplicaciones.

En cuanto a la parte práctica, se centró en el aprendizaje de diferentes técnicas para el reconocimiento. Las técnicas utilizadas fueron las siguientes: el reconocimiento visual, el ensayo de flotabilidad y el ensayo de la llama, métodos seleccionados por su simplicidad y adecuación a los recursos disponibles.

El reconocimiento visual fue el primer paso para clasificar los plásticos. Este método consiste en analizar las características externas de los materiales, como su textura, color, rigidez y transparencia. Por ejemplo, los plásticos transparentes como el PET, usado comúnmente en botellas de agua, son fáciles de identificar debido a su acabado brillante. En cambio, HDPE, presente en recipientes de transporte de agua, es más opaco y ligeramente más rígido. Aunque este método es rápido y no requiere equipamiento adicional, tiene limitaciones al tratar plásticos con características visuales similares, lo que hace necesario complementar esta técnica con otras más específicas.

El ensayo de flotabilidad representó un paso más técnico en la clasificación. Este método se basa en la densidad de los plásticos en relación con la del agua, que es de aproximadamente 1 g/cm<sup>3</sup>. Al sumergir los plásticos en un recipiente con agua, se observa su comportamiento: aquellos con densidades inferiores, como el polietileno y el polipropileno, flotan, mientras que materiales más densos, como el PET y el PVC, tienden a hundirse. Este método es especialmente útil para diferenciar plásticos que no se distinguen fácilmente a simple vista. Sin embargo, es necesario que los materiales estén limpios y libres de residuos que puedan alterar los resultados.

Por último, el ensayo de la llama permitió identificar plásticos mediante la observación de sus características de combustión, como el color de la llama, el olor del humo y el comportamiento del material al quemarse. Por ejemplo, el PET genera una llama amarilla con bordes verdes y un humo negro, mientras que el HDPE produce una llama azulada y amarilla con un olor similar a la parafina. Este método es eficaz para clasificar plásticos específicos, pero requiere precauciones adicionales debido a los riesgos asociados con la liberación de gases tóxicos, especialmente en materiales como el PVC.

## Sesión 2: Ciclo de Vida de una Botella de Plástico en Mongo

El estudio del ciclo de vida de los plásticos fue una actividad esencial dentro de la formación en el taller, ya que permitió a los participantes comprender el impacto ambiental y el potencial de transformación de este material. Se analizó detalladamente el recorrido de un objeto plástico típico, como una botella, desde su producción hasta su disposición final. Este

análisis abarcó su fabricación, consumo, descarte, recogida, lavado, triturado, transformación en nuevos productos, acabado y reintegración al mercado. Este enfoque no solo facilitó una comprensión teórica del proceso, sino que también destacó los puntos críticos donde intervenciones como el reciclaje pueden marcar una diferencia significativa.

Se realizó una lluvia de ideas en la que los participantes identificaron diversos productos que podrían fabricarse a partir de plásticos reciclados y que podrían tener un valor real en el mercado local de Mongo. Entre las ideas destacaron objetos como muebles básicos para colegios, recipientes reutilizables y elementos de construcción ligeros. Estas discusiones también permitieron explorar la viabilidad económica y funcional de los productos en el contexto local, fomentando un enfoque innovador y práctico hacia la economía circular.

Finalmente, el taller incluyó actividades prácticas como el lavado de los plásticos previamente clasificados. Este paso no solo aseguró que el material estuviera limpio y listo para las siguientes etapas del reciclaje, sino que también reforzó la importancia de una preparación adecuada para lograr productos reciclados de mayor calidad. Esta práctica permitió consolidar los conocimientos adquiridos en las sesiones teóricas y preparar a los participantes para trabajar directamente en el taller con materiales listos para su transformación.

### **Sesión 3: Introducción al Negocio del Reciclaje.**

El modelado económico permitió a los participantes adquirir una comprensión práctica de los factores necesarios para garantizar la viabilidad económica de un proyecto de reciclaje. Con el apoyo de un programa de Excel, se realizó un análisis detallado que simuló un proyecto de producción mensual de 30 sillas y 10 mesas destinadas a colegios locales. Este ejercicio incluyó la consideración de diversos factores clave, como los costos de materiales y transporte, el consumo energético, el alquiler del espacio de trabajo y la remuneración de los participantes.

El análisis permitió a los alumnos calcular los gastos necesarios y estimar los ingresos potenciales, proporcionándoles herramientas para identificar los puntos críticos que debían

optimizarse para mantener la sostenibilidad económica del proyecto. Asimismo, se destacó la importancia de una planificación detallada que contemplara no solo los costos directos, sino también la logística y la comercialización de los productos finales.

Como resultado de esta actividad, los alumnos presentaron sus propias propuestas económicas, que fueron evaluadas en términos de su viabilidad práctica. Este ejercicio fomentó un enfoque analítico y estructurado hacia la gestión de proyectos, subrayando la relevancia de tomar decisiones informadas basadas en datos concretos.

La actividad práctica de la sesión consistió en que los participantes trituraran los plásticos limpiados el día anterior para generar materia prima que sería utilizada en las siguientes etapas del taller. Este enfoque integrador permitió conectar el aprendizaje teórico con la experiencia práctica, reforzando los conceptos adquiridos y preparando a los alumnos para el futuro trabajo.

#### **Sesión 4: Producción Práctica y Operación de Maquinaria.**

En la práctica de limpieza y trituración los participantes del taller pudieron experimentar directamente el proceso de preparación de la materia prima para el reciclaje. En esta actividad, se trabajó específicamente con polietileno de alta densidad (HDPE), uno de los plásticos más comunes en Mongo debido a su uso extendido en recipientes de agua, cubos y botellas. Los participantes limpiaron y trituraron estos materiales, produciendo gránulos uniformes que sirvieron como base para las pruebas de maquinaria.

Posteriormente, se llevaron a cabo pruebas de funcionamiento con la máquina de inyección utilizando moldes de aluminio que habían sido diseñados y desarrollados previamente. Durante estas pruebas, se evaluó la calidad del producto final, considerando aspectos como la uniformidad, la resistencia y el acabado superficial de las piezas moldeadas.

Ambas actividades conectaron el aprendizaje teórico con resultados tangibles, mostrando el ciclo completo del reciclaje y preparando a los alumnos para aplicar este conocimiento en la operación diaria del taller.

### **Sesión 5: Evaluación y Consolidación de Conocimientos.**

La última sesión del programa formativo incluyó un examen en forma de cuestionario diseñado para consolidar y repasar los conocimientos adquiridos durante la semana. Este ejercicio permitió a los participantes reflexionar sobre los conceptos clave tratados, resolver dudas y reforzar su comprensión de las técnicas de reciclaje, los procesos productivos y los fundamentos de la planificación económica.

Al finalizar el curso, se llevó a cabo una reunión final con los asistentes para discutir las condiciones de su participación en el taller a largo plazo. Se planteó un modelo en el que los beneficios económicos no provinieran de un salario fijo, sino de la venta de los productos reciclados que ellos mismos fabricarían. Esta propuesta buscaba fomentar un sentido de propiedad y compromiso entre los participantes, además de alinearse con la visión del taller como un espacio de emprendimiento y economía circular.

El impacto del programa fue significativo, ya que no solo capacitó técnicamente a los futuros trabajadores del taller, sino que también les proporcionó herramientas para entender la importancia de la planificación empresarial y la sostenibilidad económica. Esta iniciativa les ofreció habilidades prácticas, y también sentó las bases para el funcionamiento del taller como un modelo de economía circular adaptado a las necesidades y limitaciones de la ciudad de Mongo.

## Capítulo 6. ESTUDIO ECONÓMICO DEL PROYECTO

El presente apartado tiene como objetivo evaluar los costos asociados al diseño, fabricación e instalación del taller semi industrial de reciclaje de plástico. Este análisis permite valorar la viabilidad económica del proyecto, identificar áreas de mejora y estimar el impacto económico en la región debido a su implementación. Como se ha mencionado en el capítulo 3, los fondos iniciales han sido aportados por el Colegio de Ingenieros de ICAI y por el director del proyecto Carlos Ruiz Diaz.

### 6.1 CLASIFICACIÓN DE COSTOS

#### 6.1.1 COSTOS DIRECTOS

Se consideran costos directos aquellos asociados a la adquisición de materiales, fabricación, mano de obra. A continuación, se adjunta una tabla con los grupos de los principales costos directos, (adjunto en los anexos se tiene el desglose de estos grupos):

COSTOS DIRECTOS	
Concepto	Cantidad (EUR €)
Materiales comprados en España	3.564,88 €
Materiales comprados en Yamena (Chad)	366,86 €
Materiales comprados en Mongo (Chad)	832,81 €
Transporte Material España - Chad	418,79 €
Mano de Obra local (Mongo)	306,86 €
Alquiler taller Foi et Joie (Mongo)	122,14 €
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>	<b>5.612,34 €</b>

*Tabla 4. Costos directo del proyecto.*

### 6.1.2 COSTOS INDIRECTOS

Incluyen contribuciones no monetarias como las horas de trabajo dedicadas, así como el coste del alojamiento y la comida en la comunidad jesuita de Carlos Sanjuan y Joaquín Rubio.

COSTOS INDIRECTOS		
Concepto	Cantidad (EUR €)	Columna1
Trabajo voluntario Carlos Ruiz, Carlo Sanjuan y Joaquín Rubio) 504hx 14,62€/h	7.368,48 €	-
Alojamiento y comida	67,18 €	Jesuites de Mongo
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>	<b>7.435,66 €</b>	

Tabla 5. Costos indirectos del proyecto (TALENT, 2024).

### 6.1.3 ANÁLISIS DE LOS COSTOS TOTALES

El costo total del proyecto, considerando tanto los costos directos como los indirectos, asciende a 13.048,32€. Esto incluye tanto los gastos reales, como las contribuciones en especie y el valor del trabajo no remunerado.

### 6.1.4 ESTIMACIÓN DE BENEFICIOS

Aunque como se ha comentado, este no es un proyecto con fines lucrativas a primera instancia, se pueden realizar un análisis de beneficios económicos y sociales a largo plazo, como, por ejemplo:

- **Producción esperada:** tras los primeros meses en funcionamiento, y viendo cuales han sido los puntos débiles y fuertes del taller, se estima que las máquinas actuales puedan procesar entorno a 50kg de plástico a la semana. Lo que permitiría, fabricar unas 10 plancha, que tras postproceso son unas 5 mesas y 4 sillas. Teniendo en cuenta que el valor de la mesa es de 60€ y el de la silla 30€, esto genera unos ingresos de 420€ al mes, con un gasto semanal de 220€. Lo que significa que a la semana el beneficio es de 180€. Estos números son muy aproximados, ya que la producción no es los suficientemente continua como para generalizar.

- **Impacto ambiental:** el procesamiento de 50kg de plástico al mes significa su retirada de las calles, mejorando la calidad ambiental del aire, suelo y agua de la ciudad, además de promover e inculcar la filosofía de la economía circular.

### 6.1.5 INDICADORES FINANCIEROS

Para evaluar la viabilidad del proyecto, se ha estimado el costo por kilogramo de plástico procesado y un posible retorno de la inversión (ROI) para el primer año:

#### 1. Costo por kilogramo reciclado:

$$\text{Costo por kg} = \frac{\text{Costo Total [€]}}{\text{Capacidad anual de producción [kg]}} = \frac{13.048,32€}{50_{\text{kg/mes}} * 12_{\text{meses}}} = 21,75_{\text{€/kg}}$$

#### 2. Retorno de la inversión (ROI):

$$\text{ROI} = \frac{\text{Ingresos netos anuales [€]} - \text{Costos Totales [€]}}{\text{Costos Totales [€]}} * 100 = \frac{100_{\text{€}} * 12_{\text{meses}} - 13.048,32€}{13.048,32€} * 100 = -90,8\%$$

El valor negativo que sale del ROI, es normal para proyectos con altas inversiones iniciales, y siendo un proyecto más de carácter social que lucrativo en primera instancia es totalmente asumible. El resto de los años, cuando se vayan amortizando las máquinas, y el sistema de trabajo se mejore, así como la cantidad de plástico producido, se espera que vaya dando la vuelta este indicador.

### 6.1.6 CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS ECONÓMICO

El análisis demuestra una gran inversión económica, y que en el corto plazo no parece un negocio suficientemente beneficioso. Pero su impacto social y medioambiental hace que sea una iniciativa realmente valiosa para los habitantes de Mongo. Con el costo unitario de producción no demasiado elevado, el conocimiento adquirido en el desarrollo de este taller, una comunidad detrás que está respaldando el proyecto y la opción de poder ampliarlo o replicarlo en otras ciudades del país hace pensar que es un proyecto escalable y rentable en el medio y largo plazo.

## **Capítulo 7. AMPLIACIÓN DEL ALCANCE DEL PROYECTO**

Uno de los objetivos de este trabajo es el de la creación de una conciencia de responsabilidad ambiental y reciclaje como un modelo económicamente viable. Para ello, se desarrollaron tres estrategias complementarias:

1. Generar técnicas de reciclaje sencillas y fácilmente replicables en zonas remotas y sin electricidad.
2. Recorrer escuelas y comunidades demostrando el funcionamiento de dichas técnicas y la facilidad de su uso.
3. Crear un modelo empresarial que sirva como referencia para el taller y otros imitadores y con el cual mostrar que estas técnicas pueden ser una fuente de ingresos.

A continuación, se describen las tres estrategias y su nivel de implantación:

### ***7.1 TÉCNICAS ALTERNATIVAS QUE NO REQUIEREN EL USO DE ENERGÍA ELÉCTRICA***

Para ello, se llevó a cabo una estrategia de desarrollo de técnicas alternativas, de bajo coste y que no requieren de energía eléctrica para funcionar. Estas técnicas son:

#### **Prensa Metálica Calentada por Fuego o Gas:**

Se desarrollaron moldes y prensas metálicas que podían cerrarse y comprimirse mediante sistemas de tornillos. En estas prensas se podía introducir plástico triturado, como polipropileno, polietileno o PET, o polietileno de baja densidad sin triturar, calentándolo directamente sobre fuego o en una cocina de gas. Esta técnica fue muy valorada por los

habitantes de Mongo, quienes están acostumbrados a tener fuego encendido en sus hogares para cocinar o preparar té. Aprovechar las ascuas y restos de fuego, que superan cómodamente los 100 grados, resultó ser una manera cómoda y rápida de reducir residuos y generar productos de interés, como azulejos de pared y otros elementos pequeños y decorativos.



*Figura 57. Prensa metálica en funcionamiento y resultado final.*

### **Prensa por Reflejo de la Luz Solar:**

La ciudad de Mongo contaba con un proyecto previo de cocinas solares desarrollado por el hermano Jesuita Pietro Rusconi, que no tuvo buena acogida culturalmente. Sin embargo, se disponía de al menos 10 o 12 parábolas solares de acero inoxidable de alta reflexión, que concentraban la radiación solar en un punto. Las temperaturas alcanzadas en los focos de estas parábolas podían llegar a 150 grados, permitiendo incluso hervir agua. Estas altas temperaturas, comunes en Chad, representan una oportunidad para el desarrollo de esta técnica innovadora en el reciclaje de plástico con energía 100% renovable. Se utilizaban prensas metálicas para moldear y presionar el plástico calentado por el sol, produciendo figuras geométricas que luego se trataban con máquinas de corte CNC para elaborar

decoraciones. Este proceso no genera residuos, no consume energía y no depende de fuentes de alimentación externas.



*Figura 58. Prensa con parábola solar.*

Se trata de un método que no ha sido publicado previamente en su completo. En las pruebas y demostraciones que se realizaron, se consiguió producir hasta en 8 ocasiones placas o azulejos plásticos de 30x30 cm con buen acabado. Esto se consiguió con tiempos de residencia en la parábola de 35 minutos con temperaturas continuadas, relativamente homogéneas de en torno a 135 grados. Es por esto por lo que se considera una técnica que merecería ser explorada en proyectos independientes por su gran potencial en entornos donde se dan altas temperaturas y por su nulo impacto medioambiental.



*Figura 59. Azulejo plástico realizado con parábola solar.*

### **Planchado de Láminas de Film Transparente:**

Otra técnica reportada en la bibliografía es el planchado de láminas de film transparente. Lavando y planchando bolsas de plástico, se puede obtener un film más grueso y resistente, que permite ser cosido posteriormente. Esta técnica se utilizó para elaborar carteras, mochilas, carpetas y otros elementos de uso cotidiano a partir de desechos plásticos. Los resultados fueron positivos tanto en talleres con niños como en la formación del taller.



*Figura 60. Ejemplos de producción de tejidos plástico por planchado.*

### **Elaboración de Ladrillos de Cemento y Arena con Fragmentos de Plástico:**

Una técnica interesante desarrollada en este proyecto es la elaboración de ladrillos de cemento y arena con la inclusión de fragmentos de plástico previamente triturado y lavado. Esta técnica permite ahorrar material en la fabricación de ladrillos y proporciona una salida de bajo valor añadido a los residuos plásticos. Los ladrillos resultantes han mostrado mejores propiedades mecánicas debido a la presencia de fragmentos de plástico en su interior.



*Figura 61. Ladrillos finalizados tras desmoldar.*

Una de las ventajas de esta técnica es que no exige la separación e identificación previa de los plásticos. El lavado requerido es poco exhaustivo, solo para su entrada a la máquina trituradora, permitiendo el tratamiento de grandes cantidades de residuos plásticos sin convertirlos en desechos. La mezcla utilizada consiste en 50% de cemento, 20-25% de arena y 25% de plástico. Al cerrar el molde y ejercer presión sobre él, el cemento se compacta, generando un bloque que puede incluir agujeros para facilitar su montaje. Estos bloques deben secar al sol durante 24 horas para alcanzar las propiedades mecánicas necesarias para su uso en construcción. Esta técnica está extendida y reportada por distintos expertos en el reciclaje de plástico, especialmente en Latinoamérica.



*Figura 62. Proceso de prensado de los ladrillos.*

### **Elaboración de Eco-ladrillos (Eco-bricks):**

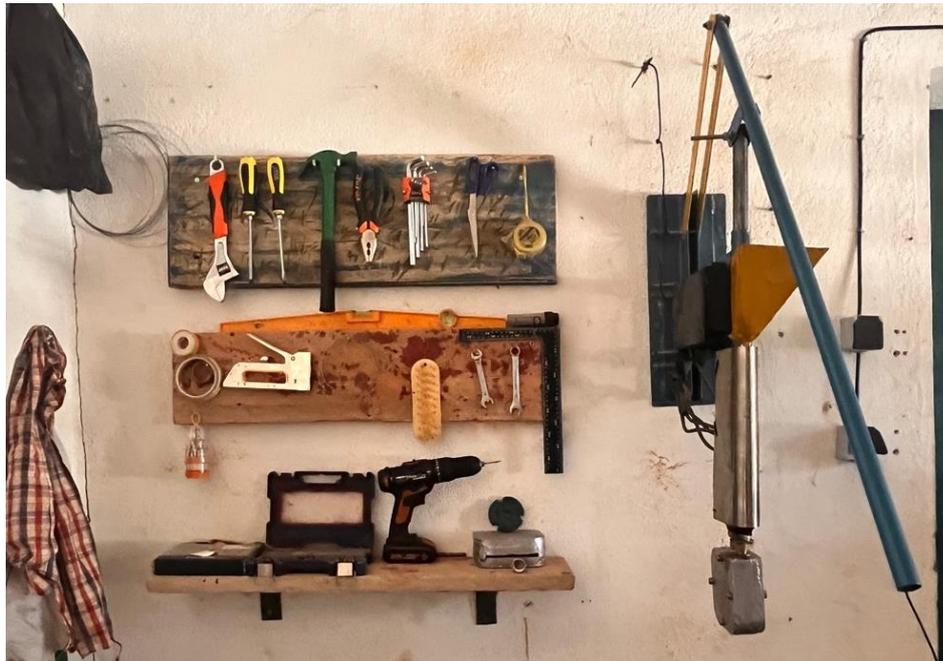
La elaboración de eco-ladrillos consiste en utilizar botellas de plástico PET como contenedores de residuos plásticos, que son comprimidos después de ser lavados. Este proceso reduce significativamente el volumen de los residuos y su impacto visual y ambiental. Las botellas llenas de plásticos comprimidos pueden ser utilizadas como material de construcción, gracias a sus propiedades mecánicas resistentes a la compresión y su dureza significativa. Existen ejemplos de personas que han utilizado estas botellas para elaborar bancos, muros e incluso construcciones completas, como casas o habitaciones.



*Figura 63. Ejemplos de utilización de eco-bricks.*

Todas estas ideas de estilo artesanal, junto con el desarrollo de un taller semiindustrial de reciclaje de plástico, basado en la documentación dotada por la comunidad abierta, PRECIOUS PLASTIC. Han permitido dotar a la comunidad de una gran cantidad de ideas para darle un segundo uso a esa gran cantidad de plástico que se acumula en sus calles.

Además, este sistema permite fomentar espíritu emprendedor dentro de la población, dotando no solo al proyecto de beneficios ambientales o sanitarios, si no que permite que personas puedan desarrollar su carrera profesional entorno a este servicio.



*Figura 64. Herramientas e inyectora del taller de reciclaje.*

## **7.2 SESIONES DE FORMACIÓN EN ESCUELAS**

Se llevaron a cabo sesiones formativas (una durante un fin de semana completo y otra de un día completo), dirigidas a alumnos de colegios en las ciudades de Mongo, Mangalmé y Chelati. Estas formaciones estuvieron destinadas a los estudiantes de los colegios de Fe y Alegría, dentro del programa Generación 21 Plus.

Entre las técnicas explicadas en estas formaciones, se realizó un repaso de los métodos de trabajo semiindustrial llevados a cabo en el taller, tales como el triturado, la inyección y el prensado.

También se presentó la técnica de la parábola solar para la fundición de polietileno de baja densidad, la cual es una invención del padre Franco, consiste en realizar una parábola con metal muy brillante, y en el centro de esta un soporte para introducir un recipiente con plástico. Durante las horas de mayor sol, la parábola se posiciona de tal manera que los rayos que refleja apunten siempre al recipiente que contiene el plástico, con las altas temperaturas y la concentración de los rayos se consigue alcanzar la temperatura de fundición de los plásticos de menor densidad. También se introdujo la metodología de acumulación de basura Ecobrick, densidad. Además, se mostró y utilizó la máquina de corte por control numérico.

En la primera sesión, se presentó una introducción teórica sobre los problemas medioambientales, incluyendo el cambio climático, la contaminación del suelo y del agua, y otros retos ambientales específicos del país de Chad y de la ciudad de Mongo. Asimismo, se discutieron posibles soluciones para mejorar estas situaciones.

La segunda parte del taller se enfocó en mostrar a los alumnos las diferentes técnicas en las que el equipo del Plastic Lab estaba trabajando. Algunas de estas técnicas son fácilmente realizables en casa y no requieren maquinaria específica.

Además de las formaciones mencionadas, se llevó a cabo otra sesión formativa para los jóvenes scouts de la iglesia de Baro. En esta sesión, se presentaron principalmente tres técnicas artesanales de reciclaje de plástico mencionadas anteriormente: planchado de bolsas

PET para la elaboración de tejido plástico, utilización de láminas de polietileno de baja densidad para la fabricación de azulejos y decoraciones, prensado de polietileno de alta densidad utilizando una forja de carbón en lugar de una prensa eléctrica.



*Figura 65. Alumnos atendiendo a explicación sobre el reciclaje.*

Actualmente y gracias a la implicación del equipo de reciclaje y la parroquia de Baro, se siguen impartiendo formaciones de este estilo en diferentes aldeas y comunidades de la región de Guèra.

### **7.3 VIABILIDAD ECONÓMICA DEL TALLER COMO NEGOCIO**

Con el objetivo de demostrar la viabilidad económica de un proyecto como este, se ha valorado, desde una perspectiva realista, cuál sería el punto de rendimiento máximo del taller y qué necesidades, productos y servicios debería proveer para alcanzar dicho rendimiento. Estos son:

Sistema de recogida de plástico: para el buen desarrollo del taller, convendría generar un sistema autónomo de recogida de plásticos que impulse a pequeños emprendedores locales a recoger plásticos de su ciudad, limpiarlos y venderlos a los trabajadores del taller en uno de los siguientes puntos:

- Punto fijo de recogida en el taller. Una parte del taller se destinará a la recepción, limpieza y clasificación de plásticos. Se establecerán horarios de apertura y cierre.
- Puntos móviles de recogida por barrios. Se equipará un vehículo con recipientes clasificadores de plástico según su tipo y se establecerán horarios semanales de recogida.

Se ha establecido un precio de compra de plásticos, significativamente mayor a los precios actuales de mercado europeo. Dichos precios están fijados por grandes las grandes empresas recogedoras, que son deficitarias. Un objetivo prioritario es el de transformar la visión de plástico de residuo a recurso, por ello, un precio de compra lo más alto posible sociológicamente positivo. El precio por Kg variará en función de si ha sido lavado por el recogedor o no. En la tabla 1 se especifican los precios. Es posible ajustar el precio de recogida a la oferta disponible, una estrategia que incentive la aparición de recogedores al principio y luego disminuya el precio de compra.

En este cuadro se valora la compra de PET, HDPE y PP:

Plástico	PET	HDPE	LDPE	PP
Precio max. Limpio (FCFA/Kg)	400	600	300	500
Precio min. Limpio (FCFA/Kg)	300	450	200	350
Precio max. Sucio (FCFA/Kg)	200	300	150	250
Precio min. Sucio (FCFA/Kg)	100	150	75	125

Plástico	PET	HDPE	LDPE	PP
Precio max. Limpio (€/Kg)	0.61	0.92	0.46	0.76
Precio min. Limpio (€/Kg)	0.46	0.69	0.305	0.54
Precio max. Sucio (€/Kg)	0.305	0.46	0.23	0.38
Precio min. Sucio (€/Kg)	0.152	0.23	0.115	0.19

Jornadas de formación abiertas: centradas en el conocimiento de las propiedades del plástico y su utilidad: reconocimiento de las 7 categorías de residuo plástico, su facilidad de reciclado y utilidad posterior, técnicas de separación, lavado y acondicionamiento; tecnologías de reciclaje y técnicas artesanales de revalorización.

Tienda de productos reciclados: para terminar, los productos elaborados a partir de plástico reciclado se comercializarán a través de distribuidores en el mercado central.

### **Productos generados a partir del plástico reciclado:**

Mobiliario: bancos, sillas y mesas hechos a partir de HDPE y PP.

- Maquinaria necesaria: trituradora, extrusora y prensa de calor.

- Competidores actuales en el mercado: sillas inyectadas en plástico de importación china, precio de mercado 7000 CFA (en restaurantes y hogares). Bancos y mesas de construcción manual (madera y metal, en escuelas, comercios y edificios públicos) precios de 25.000 FCFA las sillas y 45.000 FCFA las mesas. Contra esta competencia (ventajas en cuanto a diseño, sostenibilidad y precio)

- Pros: gran cantidad de material reciclado, alto precio de venta, producto muy atractivo y diferencial para un negocio o comercio, posibilidad de vender las vigas y las láminas por separado.

- Contraste: se necesita un aprendizaje para llegar a productos de calidad, tiempo de trabajo manual, la prensa de calor es un elemento caro, parte del mercado compite contra productos estándares hechos en china y de bajo precio.

**Otros productos evaluados pero descartados o pospuestos para su valoración en el futuro:**

Menaje: platos y boles hechos de HDPE y PP.

- Maquinaria necesaria: trituradora, inyectora y moldes caseros.

- Competidores actuales en el mercado: menaje de cerámica o metal. Los precios oscilan entre 500 y 2000 CFA por unidad dependiendo de la calidad y decoración.

- Pros: Maquinaria necesaria más barata. Mayor variedad compradores potenciales (negocios y familias). Puede ser complementario a otros productos.

- Contraste: poco material reciclado, tiempo de enfriamiento en molde (pocas uds. al día) y un precio que puede ser excesivo.

- Tejidos reciclados: Chubasqueros y mochilas de LDPE

- Maquinaria necesaria: planchas y máquina de coser

- Competidores actuales en el mercado: productos de venidos de china a bajo precio. Mochilas a 2000 FCFA.

- Pros: fabricación a mano, productos artesanales y reciclaje de LDPE. Interesante para la formación de emprendedores independientes.

- Contraste: la durabilidad del resultado debe analizarse.

La técnica resulta interesante por la cantidad de LDPE reciclado, pero el producto queda fuera del análisis de mercado y reserva para un posible taller específico.

Gafas: de sol y de ver, hechas a partir de PET

- Máquinas necesarias: trituradora, inyectora y molde profesional.
- Competidores actuales en el mercado: Precio actual de las gafas muy elevado (~30.000-150.000 FCFA/46-230 €). Aquí no existen las “gafas de farmacia”
- Pros: se trata de un bien básico al que muy pocas personas tienen acceso. Sería relativamente fácil entrar en el mercado.
- Contras: se necesita proveedor de lentes (Ya se han analizado opciones en China a precios razonables), colaboración con oftalmólogos (Hospital Bon Samaritain) El precio de un molde de inyección ronda los 4000€.

## **El Mercado**

Vendedores de residuos: La tasa de desempleo y mendicidad en Mongo es muy elevada. La generalizada falta de ocupación es evidente. Por tanto, la recogida y venta de basura puede suponer una fuente de ingresos para algunas personas. Partiendo de esta base, hay que ser consciente que conseguir una entrada de residuos constante es uno de los mayores retos del proyecto. Para esto, una buena publicidad, un precio de compra atractivo al principio (que pueda ajustarse según avance el proyecto) son fundamentales.

A medio y largo plazo, apoyar a los emprendedores para mejorar sus condiciones de trabajo (ofrecer formación a proveedores frecuentes, dotarles de herramientas, o ayudarles en la compra de medios de transporte o de carga) puede ser una manera inteligente de profesionalizar el sistema y mejorar las condiciones de vida de las personas.

Se fijará una edad mínima de 16 años para convertirse en vendedor de plástico.

Compradores de productos reciclados: el perfil del comprador varía según el producto de venta, si bien, podrían enmarcarse en dos grandes grupos:

- Locales comerciales, restaurantes, edificios de oficinas: público objetivo para la compra de mobiliario.

- Familias de clase media/alta

Los canales para llegar a dichos compradores serán:

- Venta directa en tienda (es necesario establecer una lista de distribuidores asociados)

- Red de contactos: ONG, escuelas o centros con los que Fe y Alegría ya tiene una relación y necesitan nuevo mobiliario.

- Comerciales sin salario que trabajen por un porcentaje del precio de venta de sus productos (modelo inmobiliario/ vendedor de seguros)

### **Espacios necesarios y costes energéticos:**

Para garantizar un mayor espacio y reducir los costos eléctricos, el taller se integraría dentro de uno del centro de formación profesional de la diócesis de Mongo, que ha sido ofrecido con tal fin y cuenta con acceso a la red eléctrica. Así mismo, se dispone de un vehículo tipo pick-up perteneciente a la organización y que puede utilizarse previo aviso.

Las tarifas eléctricas de la central eléctrica de Mongo se muestran a continuación

85 FCFA/kWh de 12:00 a 18:00

125 FCFA/kWh de 12:00 a 8:00

La actividad del taller puede situarse de 8:00 a 12:00 y de 13:00 a 17:00, por lo que se puede estimar un precio medio del kWh de 105 FCFA/kWh. Lo que es equivalente a 0.158 €/kWh.

### **Personal necesario para el funcionamiento crucero**

Jefe de taller y coordinador del proyecto: se trata del máximo responsable del taller, encargado del trabajo diario, operación de maquinaria y decisiones estratégicas.

Técnico de taller: se trata de un empleado técnico con conocimientos previos en electricidad y mecánica. Su función principal es la de operario de máquinas. El número de técnicos puede aumentar si se considera necesario.

Encargado de material de entrada y comercial: encargado de compra de material y venta de productos. Tendrá un perfil comercial, alguien que conozca el mercado. Y los posibles compradores ONG's, escuelas y otras organizaciones.

### **Plan de Marketing:**

Se considera que, en un contexto como Chad, el marketing tradicional (expositores de tiendas, flyers, carteles) puede tener mucho éxito.

Por otro lado, el uso de Facebook será la principal herramienta de marketing digital. Especialmente utilizado para comunicaciones a corto plazo.

El entorno (ONG/centro educativo) es uno de nuestros potenciales clientes, por lo que usar la red de contactos de nuestro propio entorno será muy ventajoso.

El uso de comerciales asociados no asalariados también es una estrategia de marketing en sí mismo

### **Partner clave**

La asociación RecyDep-Innov. Se trata de una agrupación vecinal comprometida con la limpieza de basuras. Desde diciembre de 2022, han comenzado a salir en grupos para recoger el plástico de las calles. Ya ha habido un primer contacto con su presidente, con el que se han confirmado las sinergias posibles y el deseo mutuo de colaborar. Se trata de un grupo organizado y que ya se encuentra operativo. Aún no se ha producido una reunión formal para evaluar el alcance de la colaboración, pero podría resultar una alianza muy positiva.

Distribuidores en los mercados: personas con tiendas físicas o puestos de menaje en los mercados interesados en vender los productos fabricados. En el caso de la producción de gafas, un partner clave será los centros oftalmológicos y ópticas.

Proveedores: se tratará de buscar empresas que produzcan gran cantidad de residuos de plástico para llegar a acuerdos de gestión con ellos y así abaratar el precio de compra del material de entrada.

Comerciales: personas locales no contratadas que vendan los productos llevándose un porcentaje del precio final de venta.

### **Diferentes escenarios de proyección financiera**

Se han analizado múltiples situaciones financieras hasta concluir que la fabricación de sillas, mesas y bancos; a partir de HDPE y PP, es la opción más realista y competitiva de cara a la viabilidad del negocio.

### **Tabla de costes derivados de materiales para la construcción del taller:**

Extrusora: 780.000 FCFA/ 1200 €

Trituradora: 747.000 FCFA/ 1150€

Prensa de calor: 2.600.000 FCFA / 4.000 €

Lavadora de plásticos: 150.000 FCFA/ 190 €

Herramientas y complementos: 175.000 CFA 310 €

Coste estimado del material para máquinas: 4.452.000 FCFA / 6.850 €

Cuenta de pérdidas y ganancias a nivel de crucero

Producción mensual, gasto de material y tiempo de mano de obra de cada tipo de producto.

Sillas 1 Kg de HDPE + 2m de perfil circular de hierro. Mano de obra: 4 horas

Precio de materiales por unidad: 8100 FCFA/ 12.2€

Mesas 12 Kg de HDPE + 6m de perfil en L en hierro. Mano de obra 6 horas.

Precio de materiales por unidad: 19.200 FCFA/ 29.3€

Bancos 5Kg de HDPE. Mano de obra 4 horas.

Precio de materiales por unidad: 2.400 FCFA/ 4€

\*\* A lo largo del proyecto, se tratará de sustituir los elementos metálicos por vigas de plástico reciclado. Por tanto, se trata del “worst case scenario”

La producción mensual se estima en

20 sillas

10 mesas

10 bancos

Material de entrada mensual para satisfacer producción:

Sillas 1 Kg de HDPE → 20 Kg de HDPE

Mesas 12 Kg de HDPE → 120 Kg de HDPE

Bancos 5 Kg de HDPE → 50 Kg de HDPE

Total: 190 Kg de HDPE/mes

Al precio de compra máximo previsto, el gasto mensual en materia prima ascendería a:

114.000 FCFA / 171.5 €

La masa anual de plástico reciclado sería de: 2280 Kg de HDPE

Lavado y secado

El lavado de plástico es importante de cara a la calidad del producto final, si bien no es necesaria la garantía de uso. La diferencia de precio promoverá la compra de plástico previamente lavado. Si es necesario, se producirá un lavado general antes de triturar y un lavado posterior al triturado. Es un problema que la comunidad de Precious Plastic se enfrenta y dentro de su catálogo, existen multitud de propuestas para hacerlo de manera efectiva. La más interesante es el lavado a partir de “lavadoras caseras” en tres etapas: lavado en sosa, lavado en jabón y aclarado. El secado se realizará post-triturado al sol.

Gastos eléctricos derivados del uso de máquinas:

Prensa de calor: 1.5 kW 8h/ día de uso

Trituradora: 2.2 kW 4h/día de uso

Extrusora: 4 kW 4h/día de uso

Consumo diario: 24 kWh

Consumo mensual (22 días): 528 kWh

Precio del kWh: 105 FCFA/ kWh

Factura mensual: 55.440 FCFA / 84.64 €

Al gasto eléctrico se le suman 15.000 FCFA en gasolina y 20.000 FCFA de mantenimiento de las máquinas y material de oficina.

Horas semanales dedicadas a cada actividad:

Trabajo de taller: 60 h/semana (entre técnico y director)

Marketing 2 h/semana

Compras 12 h/semana

Ventas 10h/semana

Administración 2h/semana

Lavado 10h/semana

Salario del personal:

90.000 FCFA/mes 140€/mes 133% SMI en Chad

Número de personas contratadas: 3

Impuestos: 35%

Ventas

Para mantener la viabilidad del negocio, se establece una cantidad de ventas mínimas:

Cada mes se venden 20 sillas a un precio de 20.000 FCFA/30.5€

Cada mes se venden 10 mesas a un precio de 40.000 FCF/ 61€

Cada mes se venden 10 bancos a un precio de 15.000 CFA/ 22.9€

Estas cantidades son inferiores a la producción máxima, pero es conveniente crear stock de cara a posibles pedidos de grandes cantidades.

Balance del escenario simulado

Inversión inicial (inversión inicial + un mes de gastos) : 5.230.00 FCFA / 7.860 €

Meses necesarios para recuperar la inversión: 30

Empleados a tiempo completo: 3

Ingresos mensuales 950.000 FCFA/ 1450€

Costes fijos: 90.440 FCFA / 138 €

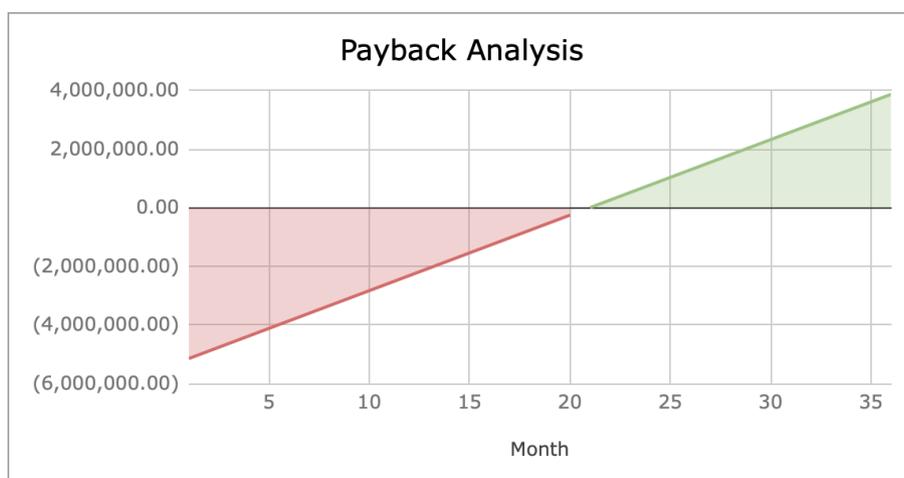
Gastos en material (plástico para reciclar): 93.000 FCFA/ 144€

Gasto en los 3 salarios 255.856 FCFA/ 390€

Margen de beneficio a final de mes: 257.660 FCFA/ 400€

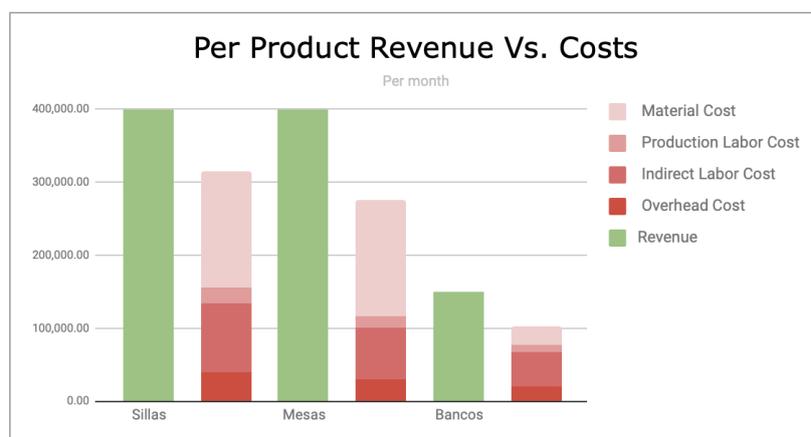
**Gráficas de interés:**

Balance económico desde el principio del proyecto hasta el tercer año.



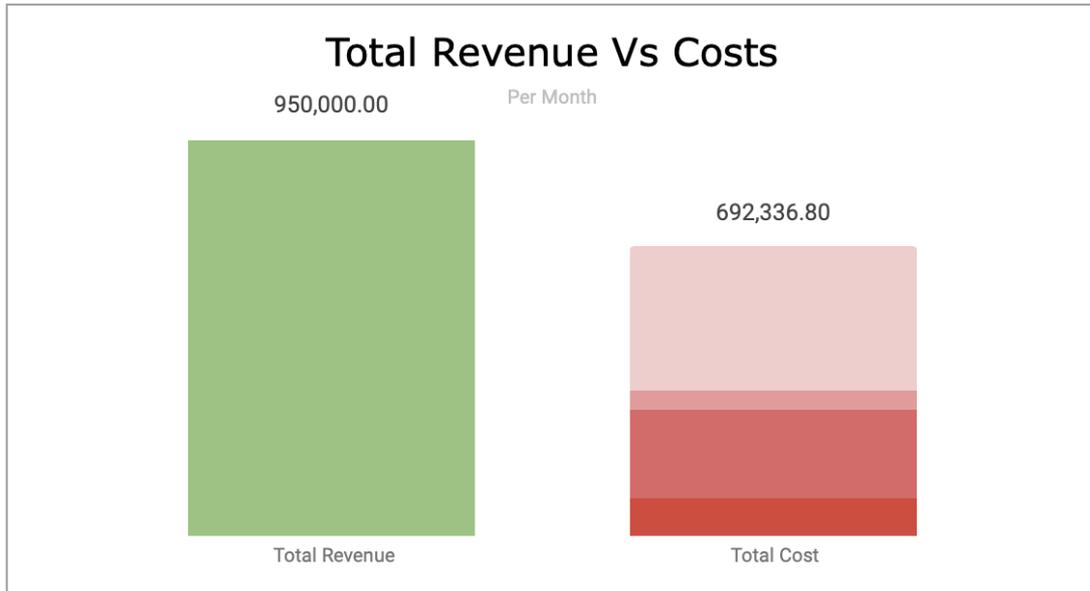
*Figura 66. Gráfica del análisis del retorno de inversión.*

Impacto en los beneficios de cada producto en las ganancias mensuales

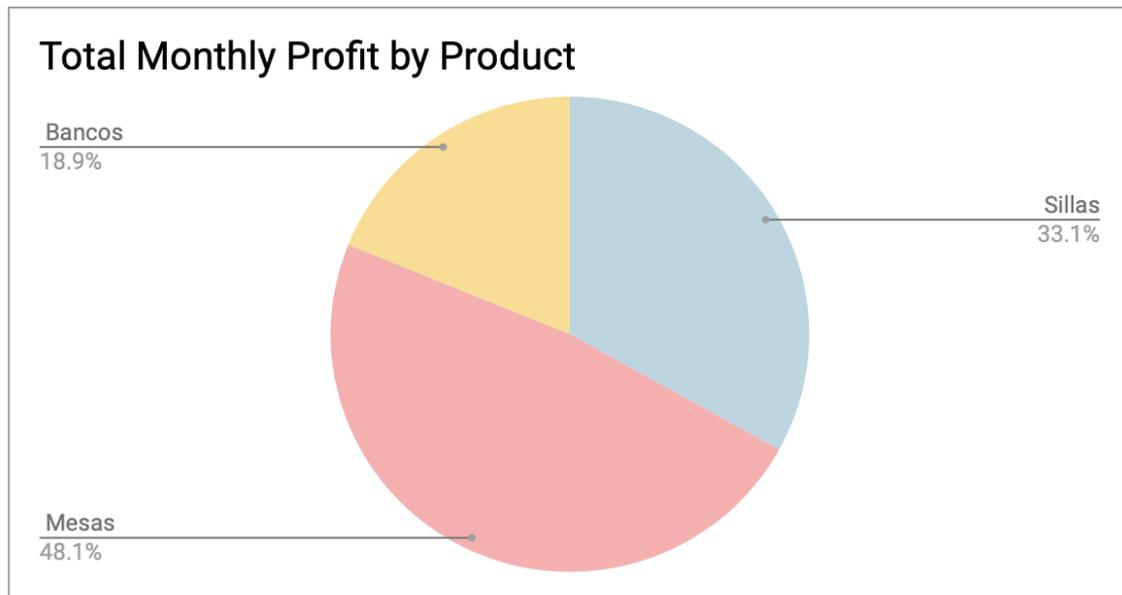


*Figura 67. Gráfica de costes y beneficios por producto.*

Ingresos y gastos mensuales:



Peso de cada producto en los beneficios del negocio



Según una predicción de negocio cauta, hay razones para pensar que la producción de mobiliario de escuela/oficina a partir de material reciclado y mediante el uso de la maquinaria desarrollada en este proyecto puede ser viable.

Además, se trata de un negocio que abre la posibilidad a nuevos diseños y otros mercados como la decoración del hogar, o el mobiliario de diseño.

Así mismo, hay una amplia gama de productos de menor tamaño y precio (carpetas, cuadernos, carteles...) que pueden crearse con las láminas de HDPE.

Como resumen, se estaría entrando en un sector con demanda en el país (numerosas construcciones de colegios, centros de estudios, oficinas...), a un precio competitivo, con un diseño innovador y diferencial, producido nacionalmente y de manera sostenible.

Resultados de casos desfavorables:

1. Ventas insuficientes

Manteniendo precios

Caso 1.1: Número mínimo de ventas para saldo de beneficios-gastos = 0

11 sillas

5 mesas

5 bancos

Caso 1.2: Situación crítica de ventas: 10 sillas, 0 mesas, 0 bancos

Pérdidas mensuales = 146.000 FCFA-220€/mes

Caso 1.3: Reduciendo precio para mantener nº de ventas, el negocio funciona, pero sin beneficios.

Rebaja máxima de precio para mantener número de ventas sin pérdidas:

Mesas 30.000 FCFA

Sillas 16.000 FCFA

Bancos 10.000 FCFA

2. Falta de material de entrada:

Aumento de precio de compra de plástico: en el caso de que no entrase suficiente material para abastecer la producción, se optaría por aumentar el precio de compra para incentivar a los recogedores.

Caso 2.1 Pago del plástico a dos veces su precio actual: 1200 FCFA/Kg 1.83 euro/Kg

Precio de materiales aumenta a:

Mesas 8.700 FCFA

Mesas 26.400 FCFA

Banco 6.000 FCFA

Beneficios mensuales 115.000 FCFA/mes = 175 €

En este escenario se comprueba que existe un margen importante a la hora de incentivar la entrada del material.

## Caso 2.2

En el caso de falta extrema de materiales, el precio máximo a pagar por cada Kg de HDPE para que el negocio funcione sin beneficios, sería de: 1800 FCFA-2.74 €/ Kg

### Horizontes de futuro:

A partir de este caso base, se detectan tres áreas clave de crecimiento y desarrollo de los sistemas de reciclaje en la región de Guèra y el país de Chad

Ampliación del taller y crecimiento orgánico: al tratarse de un taller semiindustrial cuyas máquinas pueden ser construidas y mejoradas poco a poco, siempre existe la posibilidad de aumentar la cantidad de máquinas y personal para tener un mayor impacto (más plástico reciclado y más productos generados). Mejora del diseño de los productos, diseño por corte láser o venta internacional de estos...

Creación de un campo de conocimiento nuevo en el país: A través de la red de educación jesuita, ya muy establecida y afianzada en el país, podría desarrollarse, en línea con otros proyectos ya en marcha, un plan de formación en reciclaje. A nivel escolar o rural, podrán hacerse talleres puntuales y demostraciones. A nivel académico, podría impulsarse una titulación superior específica.

Desarrollo de un taller de producción y venta de maquinaria para el reciclaje: aunque se trata de un horizonte lejano, la posibilidad de convertir el taller en una fábrica de producción de maquinaria de reciclaje sería un gran logro. Supondría la creación de nuevos centros de reciclaje por todo el país, favoreciendo el emprendimiento local y la protección del medio ambiente.

Esta propuesta se formalizó en un proyecto de financiación a la conferencia episcopal francesa que fue rechazado y que se adjunta en el Anexo 10.4, con imágenes de las máquinas y resultados obtenidos por Precious Plastic.

## Capítulo 8. CONCLUSIONES

El proyecto ha logrado establecer una infraestructura funcional y sostenible para el tratamiento de residuos plásticos en una región con recursos limitados. Entre los principales logros se encuentra la construcción de un taller equipado con máquinas diseñadas para procesar plásticos de manera eficiente, utilizando una combinación de tecnologías locales e importadas. Además, se logró capacitar a la comunidad local en prácticas de reciclaje y economía circular, fomentando el empleo y la autogestión.

Uno de los principales retos del proyecto fue la falta de infraestructura y recursos en Mongo. Esto requirió soluciones creativas, como el diseño de máquinas adaptadas a las condiciones locales y la utilización de materiales disponibles en la región. Fue primordial la colaboración con actores locales para superar estas limitaciones y garantizar el éxito del proyecto.

El impacto del proyecto es significativo tanto en el ámbito ambiental como en el social. La retirada de plásticos de las calles ha mejorado el impacto visual, mientras que la transformación de residuos en productos útiles ha generado nuevas oportunidades económicas para la comunidad. Además, la sensibilización de los habitantes sobre los beneficios del reciclaje ha sentado las bases para un cambio cultural hacia prácticas más sostenibles.

En el plano económico, aunque el retorno financiero inicial es modesto, el proyecto demuestra un alto potencial de replicabilidad y escalabilidad. La creación de una infraestructura de reciclaje semiindustrial en una región rural abre la posibilidad de extender esta iniciativa a otras comunidades del Sahel, multiplicando su impacto positivo.

Entre las lecciones aprendidas, se destaca la importancia de adaptar las soluciones tecnológicas a las condiciones locales y de involucrar a la comunidad desde las primeras etapas del proyecto. Esto asegura no solo la viabilidad técnica, sino también la aceptación social y la sostenibilidad a largo plazo. También se resalta la necesidad de diversificar las

fuentes de energía para reducir la dependencia de generadores de gasolina y avanzar hacia un modelo más sostenible.

En conclusión, este proyecto no solo aborda un problema ambiental, sino que también impulsa el desarrollo económico y social de la comunidad. Con ajustes y ampliaciones, el modelo implementado en Mongo puede convertirse en un referente para otras regiones con condiciones similares, promoviendo una economía circular que beneficie tanto al medio ambiente como a las personas.

## Capítulo 9. BIBLIOGRAFÍA

- Bañón, L. (2009). *Prontuario básico de estructuras simples*. . Alicante: Universidad de Alicante.
- Castro, M. (s.f.). *Plastic Technology México*. Obtenido de <https://www.pt-mexico.com/noticias/post/sabic-impulsa-la-agricultura-sostenible-con-invernaderos-de-pe-circular>
- Cinjordiz, C. (s.f.). *Infootec*. Obtenido de <https://www.infootec.net/calculo-la-seccion-cable/>
- Ecoembes. (s.f.). *Reciclamas*. Obtenido de <https://reciclamas.eu/blog/el-proceso-de-reciclaje-de-los-plasticos/>
- Grandi, F. (s.f.). *ACNUR*. Obtenido de <https://eacnur.org/es/actualidad/noticias/emergencias/chad-pobreza-desplazamiento>
- Greenpeace. (23 de Febrero de 2021). *Plasticoceans*. Obtenido de <https://plasticoceans.org/7-tipos-de-plastico-mas-comunes/>
- Hardin, T. (23 de Febrero de 2021). *PlasticOceans*. Obtenido de <https://plasticoceans.org/7-tipos-de-plastico-mas-comunes/>
- Huerta, A. V. (13 de Febrero de 2023). *Gaceta UNAM*. Obtenido de <https://www.gaceta.unam.mx/se-lentifica-el-crecimiento-de-la-poblacion-mundial/>
- Hyperphysics. (s.f.). Obtenido de <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/Tables/thrcn.html>
- InterEmpresas. (s.f.). *Interempresas*. Obtenido de <https://www.interempresas.net/Envase/Articulos/583415-Un-enfoque-colaborativo-para-la-iniciativa-de-la-transicion-gemela-proyecto-GTC.html>

- MBY-SON1. (s.f.). *Precious Plastic*. Obtenido de <https://community.preciousplastic.com/u/mby-son1>
- Pastor, J. B. (s.f.). Obtenido de <https://www.linkedin.com/pulse/eps-poliestireno-expandido-la-una-amenaza-para-el-planeta-pastor/>
- Plomeria Universal. (s.f.). *Plomeria Universal*. Obtenido de <https://plomeriauniversal.mx/products/tubo-pvc-sanitario>
- Precious Plastic. (s.f.). *PreciousPlastic*. Obtenido de <https://community.preciousplastic.com/academy/plastic/basics>
- Quiñones, L. (16 de Octubre de 2019). *Noticias ONU*. Obtenido de <https://news.un.org/es/story/2019/10/1463951>
- Reciclamas. (s.f.). *Reciclamas*. Obtenido de <https://reciclamas.eu/blog/el-proceso-de-reciclaje-de-los-plasticos/>
- Rodríguez, P. (Abril de 2024). *DKV - Reciclaje*. Obtenido de <https://dkv.es/corporativo/blog-360/medioambiente/reciclaje/tipos-de-plasticos-clasificacion-reciclaje>
- SomeNicePlastic. (s.f.). *Precious Plastic*. Obtenido de <https://community.preciousplastic.com/u/someniceplastic>
- Stanley, A. (Septiembre de 2023). *Fondo Monetario Internacional*. Obtenido de <https://www.imf.org/es/Publications/fandd/issues/2023/09/PT-african-century>
- Steinberg, W. (s.f.). Obtenido de <https://globalnews.ca/news/10841329/tupperwares-sale-approved/>
- TALENT. (Enero de 2024). *TALENT.com*. Obtenido de <https://es.talent.com/salary?job=ingeniero+industrial#:~:text=El%20salario%20ing>

eniero%20industrial%20promedio,hasta%20%E2%82%AC%2040.993%20al%20a  
%C3%B1o.

Wastetrade. (s.f.). Obtenido de  
<https://www.wastetrade.com/es/resources/plastics/introduction-to-plastics/types-of-plastics/low-density-polyethylene-ldpe/>

## Capítulo 10. ANEXOS

### 10.1 DETALLES DEL ANÁLISIS ESTRUCTURAL Y TÉRMICO

#### 10.1.1 PRENSA DE CALOR

**Detalle del desarrollo de cálculo de la viga con la carga distribuida:**

El primer y segundo apartado del cálculo de la sección 4.2.1 siguen siendo totalmente válidos para este nuevo sistema de cargas, por lo que se tendrán como referencia. A continuación, se analizarán como es la distribución de los esfuerzos cortantes y momentos flectores a lo largo del perfil, viéndose cuales el punto más crítico. Al ser un sistema de 3 cargas, para su cálculo es necesario realizar 4 cortes en la viga y realizar equilibrios de fuerzas y momentos, con este sistema se calcula cuál es su distribución a lo largo de cada uno de los sectores.

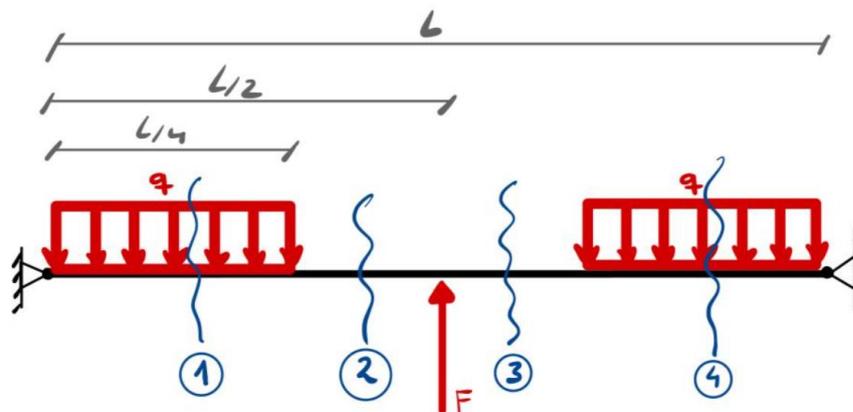


Figura 68. Esquema de la distribución de cargas con la indicación de la posición de los 4 cortes.

A continuación, se analizará el esfuerzo cortante y el momento flector obtenidos en cada una de las 4 secciones. Al ser una viga con una distribución de cargas completamente simétrica, se puede realizar el cálculo únicamente de las primeras dos.

La prima va desde  $x = 0\text{m}$  hasta  $x = 0,05\text{m}$ .

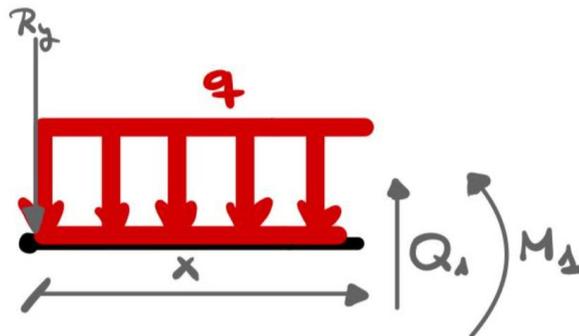


Figura 69. Diagrama de fuerzas de la 1ª sección.

Sabiendo que la carga distribuida  $q$  tiene un valor de  $19.620\text{N/m}$  y que la reacción  $R_y$  es de  $18.619\text{N}$ , el esfuerzo cortante y el momento flector a lo largo de la sección son:

$$Q_1(x) = R + qx \rightarrow Q_{\max} \left( x = \frac{L}{4} \right) = 39.240\text{N}$$

$$M_1(x) = -x \left( \frac{q}{2}x + R \right) \rightarrow M_{\max} \left( x = \frac{L}{4} \right) = 1937,475\text{Nm}$$

Para la segunda el valor de  $x$  es de:  $0,05 \leq x \leq 0,1$ :

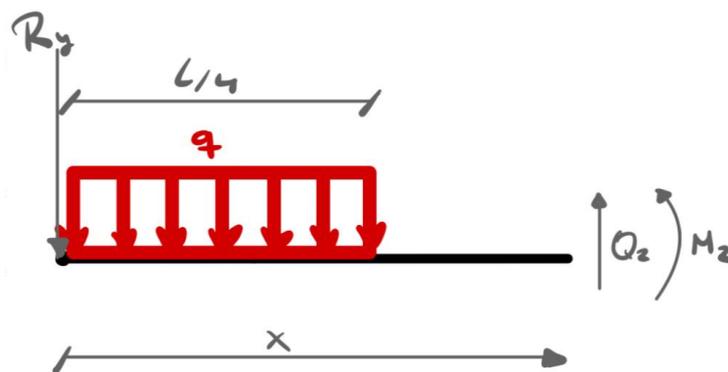


Figura 70. Diagrama de fuerzas de la 2ª sección.

$$Q_2(x) = \frac{F}{2} = 39.240\text{N}$$

$$M_2(x) = Rx + q * \frac{L}{4} * \left( x - \frac{L}{8} \right) \rightarrow M_{\max} \left( x = \frac{L}{2} \right) = 3899,475\text{Nm}$$

Como en el caso anterior, los pasos siguientes son:

1º Determinar la sección necesaria para verificar la resistencia a flexión

$$w_{xx} = \frac{M_{Max}}{f_{adm}} = \frac{3.899,475Nm}{171,87 * 10^6Pa} = 22,69cm^3 \rightarrow IPN80modific (w_{xx} = 24,525cm^3)$$

2º Determinar la sección para el criterio de deformación. Como en este caso es un sistema de cargas que combina tres sistemas donde su deformada está calculada, se puede utilizar el método de superposición para calcular la deformada máxima. El sistema queda así:

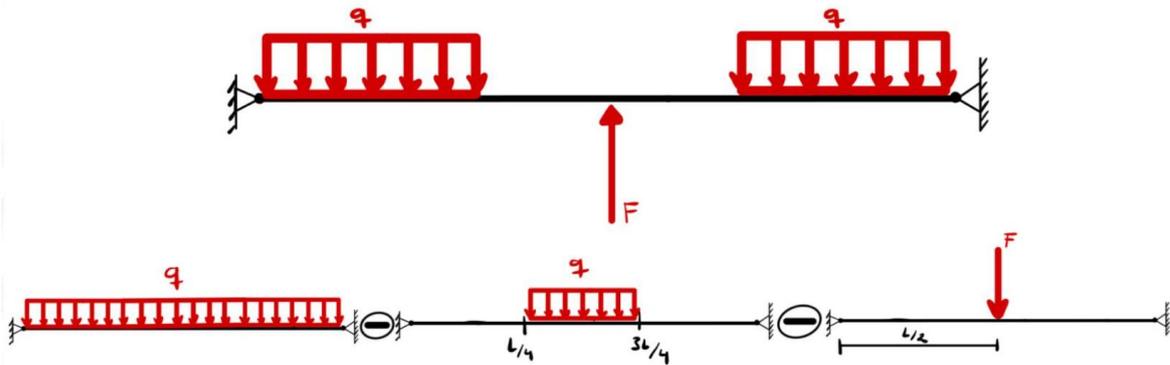


Figura 71. Representación del método de superposición.

La deformada del primer sistema es:

$$y = \frac{qx}{24EI} (x^3 - 2Lx^2 + L^3) \rightarrow y_{m\acute{a}x} = \frac{5qL^4}{384EI} \text{ en } x = \frac{L}{2}$$

Para el segundo es:

$$y = \frac{q}{24EIL} \left[ \left(x - \frac{L}{4}\right)^4 - L^2x^3 + \frac{11L^3}{16}x \right] \rightarrow y_{m\acute{a}x} = \frac{57qL^4}{24EI * 256} \text{ en } x = L/2$$

Y para el último:

$$y = \frac{FL^2x}{16EI} \left( 1 - \frac{4x^2}{3L^2} \right) \rightarrow y_{m\acute{a}x} = \frac{FL^3}{48EI} \text{ en } x = L/2$$

La deformada total es:

$$y_{\max} = \frac{5qL^4}{384EI} - \frac{57qL^4}{24EI * 256} - \frac{FL^3}{48EI} \leq 0,57mm$$

$$y_{\max} = \frac{5 * 19,620 \frac{N}{mm} * 200^4 mm^4}{384 * 210.000 \frac{N}{mm^2} * 981000 mm^4} - \frac{57 * 19,620 \frac{N}{mm} * 200^4 mm^4}{24 * 210.000 \frac{N}{mm^2} * 981000 mm^4 * 256} - \frac{78.480 N * 200^3 mm^3}{48 * 210.000 \frac{N}{mm^2} * 981000 mm^4}$$

$$y_{\max} = 0,07mm < 0,57mm$$

## 10.2 DATASHEET DE MOTOR



**MOTORREDUCTOR TRIFASICO  
230/400V 1,5KW / 2CV (70 RPM  
DE SALIDA) CJ**

REF.: MRT1570CJ  
MARCA: CEMER / JALMAC  
POTENCIA: 1,5KW / 2CV  
EJE HUECO DE SALIDA: 28  
TENSION DEL MOTOR: TRIFASICA 230/400V  
RPM SALIDA: 70

FACTOR DE SERVICIO: 1.3  
RELACIÓN: 20  
REDUCTOR: MSF075  
PESO: 25Kg  
MOTOR: 1500RPM

**EN STOCK**

BRIDA  
B5

**284,00 €** Impuestos excluidos - 24/48 h.

Figura 72. Datasheet del motor eléctrico trifásico de 1,5kVA.

### *10.3 FOTOS VARIAS*

**Maquinaria necesaria:**



*Figura 73. Trituradora de Precious Plastic.*



*Figura 74. Extrusora de Precious Plastic.*



*Figura 75. Prensa de calor de Precious Plastic*

**Productos que sirven de inspiración:**



*Figura 76. Mesa fabricada por Precious Plastic.*

## Silla



*Figura 77. Silla fabricada por Precious Plastic.*

## Banco



*Figura 78. Banco fabricado por Precious Plastic.*

## Productos actuales en el mercado (competencia)

### Mesas



*Figura 79. Mesa utilizada actualmente en las escuelas de Mongo.*

### Sillas



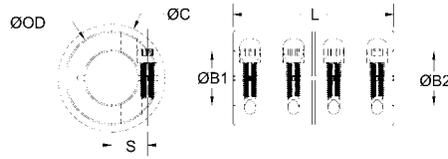
*Figura 80. Sillas más típicas de las escuelas de Mongo.*

## ***10.4 PLANOS DE LAS MÁQUINAS Y DETALLE DE LA DOCUMENTACIÓN ECONÓMICA***

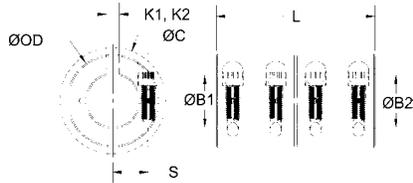
# ONE- AND TWO-PIECE RIGID COUPLINGS WITHOUT OR WITH KEYWAY • METRIC DIMENSION SERIES

# MCLX/MSPX MCLC/MSPC

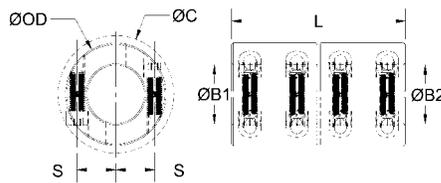
MCLX



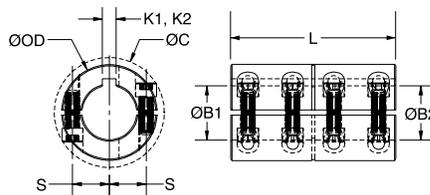
MCLC



MSPX



MSPC



- Does not mar the shaft.
- Precision honed bore on straight bore couplings.
- 3-piece styles available.
- Nypatch® Anti-vibration hardware.
- Opposing hardware on 2-piece styles.
- Additional sizes available.
- Bore tolerance: +.050 mm  
+.012 mm
- Maximum speed: 4,000 rpm

**PART NUMBER**

ONE-PIECE			TWO-PIECE		SPECIFICATIONS						
BLACK OXIDE STEEL	ALUMINUM	STAINLESS STEEL	BLACK OXIDE STEEL	STAINLESS STEEL	BORES B1, B2 (mm)	OD (mm)	LENGTH L (mm)	SCREW LOC. S (mm)	CLEARANCE DIAM. C (mm) MAX	KEYWAY K1, K2 (mm)	FORGED CLAMP SCREW
MCLX-3-3-F	MCLX-3-3-A	MCLX-3-3-SS	MSPX-3-3-F	MSPX-3-3-SS	3	15	22	4.6	15.0		M2
MCLX-4-4-F	MCLX-4-4-A	MCLX-4-4-SS	MSPX-4-4-F	MSPX-4-4-SS	4	15	22	4.6	15.0		M2
MCLX-5-5-F	MCLX-5-5-A	MCLX-5-5-SS	MSPX-5-5-F	MSPX-5-5-SS	5	15	22	4.6	15.0		M2
MCLX-6-6-F	MCLX-6-6-A	MCLX-6-6-SS	MSPX-6-6-F	MSPX-6-6-SS	6	18	30	5.9	21.5		M3
MCLX-8-8-F	MCLX-8-8-A	MCLX-8-8-SS	MSPX-8-8-F	MSPX-8-8-SS	8	24	35	9.0	27.1		M3
MCLX-10-10-F	MCLX-10-10-A	MCLX-10-10-SS	MSPX-10-10-F	MSPX-10-10-SS	10	29	45	10.6	33.0		M4
MCLX-12-12-F	MCLX-12-12-A	MCLX-12-12-SS	MSPX-12-12-F	MSPX-12-12-SS	12	29	45	10.6	33.0		M4
MCLX-14-14-F		MCLX-14-14-SS	MSPX-14-14-F	MSPX-14-14-SS	14	34	50	12.0	39.4		M5
MCLX-15-15-F		MCLX-15-15-SS	MSPX-15-15-F	MSPX-15-15-SS	15	34	50	12.0	39.4		M5
MCLX-16-16-F		MCLX-16-16-SS	MSPX-16-16-F	MSPX-16-16-SS	16	34	50	12.0	39.4		M5
MCLX-20-20-F		MCLX-20-20-SS	MSPX-20-20-F	MSPX-20-20-SS	20	42	65	15.4	48.9		M6
MCLX-25-25-F		MCLX-25-25-SS	MSPX-25-25-F	MSPX-25-25-SS	25	45	75	16.9	51.5		M6
MCLX-30-30-F		MCLX-30-30-SS	MSPX-30-30-F	MSPX-30-30-SS	30	53	83	20.9	58.7		M6
MCLX-35-35-F		MCLX-35-35-SS	MSPX-35-35-F	MSPX-35-35-SS	35	67	95	26.7	74.7		M8
MCLX-40-40-F		MCLX-40-40-SS	MSPX-40-40-F	MSPX-40-40-SS	40	77	108	31.8	84.0		M8
MCLX-50-50-F		MCLX-50-50-SS	MSPX-50-50-F	MSPX-50-50-SS	50	85	124	34.1	94.2		M10
MCLC-6-6-F		MCLC-6-6-SS	MSPC-6-6-F	MSPC-6-6-SS	6	18	30	5.9	21.5	2	M3
MCLC-8-8-F		MCLC-8-8-SS	MSPC-8-8-F	MSPC-8-8-SS	8	24	35	9.0	27.1	2	M3
MCLC-10-10-F		MCLC-10-10-SS	MSPC-10-10-F	MSPC-10-10-SS	10	29	45	10.6	33.0	3	M4
MCLC-12-12-F		MCLC-12-12-SS	MSPC-12-12-F	MSPC-12-12-SS	12	29	45	10.6	33.0	4	M4
MCLC-14-14-F		MCLC-14-14-SS	MSPC-14-14-F	MSPC-14-14-SS	14	34	50	12.0	39.4	5	M5
MCLC-15-15-F		MCLC-15-15-SS	MSPC-15-15-F	MSPC-15-15-SS	15	34	50	12.0	39.4	5	M5
MCLC-16-16-F		MCLC-16-16-SS	MSPC-16-16-F	MSPC-16-16-SS	16	34	50	12.0	39.4	5	M5
MCLC-20-20-F		MCLC-20-20-SS	MSPC-20-20-F	MSPC-20-20-SS	20	42	65	15.4	48.9	6	M6
MCLC-25-25-F		MCLC-25-25-SS	MSPC-25-25-F	MSPC-25-25-SS	25	45	75	16.9	51.5	8	M6
MCLC-30-30-F		MCLC-30-30-SS	MSPC-30-30-F	MSPC-30-30-SS	30	53	83	20.9	58.7	8	M6
MCLC-35-35-F		MCLC-35-35-SS	MSPC-35-35-F	MSPC-35-35-SS	35	67	95	26.7	74.7	10	M8
MCLC-40-40-F		MCLC-40-40-SS	MSPC-40-40-F	MSPC-40-40-SS	40	77	108	31.8	84.0	12	M8
MCLC-50-50-F		MCLC-50-50-SS	MSPC-50-50-F	MSPC-50-50-SS	50	85	124	34.1	94.2	14	M10

FOR ENGINEERING AND WARRANTY INFORMATION SEE [WWW.RULAND.COM](http://WWW.RULAND.COM)

## **Modèle de plan d'action pour l'atelier de recyclage de Foi et Joie Tchad**

### **I. Objectif**

La création du projet *PlasticLab Foi et Joie de Mongo* a pour objectif précis la mise en place d'un atelier de recyclage permettant de valoriser les déchets plastiques en objets à valeur ajoutée. Des objets commerciaux seront créés (en particulier, mais pas exclusivement, des meubles domestiques et scolaires) qui apporteront un bénéfice économique à l'atelier. Pour cela, il est nécessaire d'avoir une activité continue et quotidienne dans l'atelier, un système de collecte, de tri et de nettoyage des déchets plastiques, ainsi qu'une équipe chargée des ventes.

La création d'un système de recyclage dans un lieu sans gestion des déchets est cruciale pour améliorer la salubrité publique, préserver la dignité des habitants et protéger l'environnement. L'association Foi et Joie, à travers son réseau d'écoles, est un référent pour de nombreuses communautés en Guéra et peut devenir aussi une référence dans la protection de l'environnement, avec des actions concrètes et un impact réel. Des actions qui résolvent un problème évident et impliquent et sensibilisent les communautés. En même temps, cela crée des opportunités de formation, de revenus économiques et d'emploi; c'est une opportunité très importante qui est parfaitement alignée avec les valeurs et les objectifs de l'association.

### **II. Description du fonctionnement de l'atelier**

L'activité s'est déroulée régulièrement dans l'atelier depuis le mois de janvier, où différentes techniques opérationnelles ont été mises en œuvre selon le type de déchet à traiter et le produit que l'on souhaite fabriquer. Actuellement, l'atelier dispose d'une série de machines semi-industrielles qui sont décrites ci-dessous. De plus, cette liste inclut une série de techniques artisanales alternatives nécessitant moins de moyens matériels, qui ont été (ou sont en train d'être) testées, développées et optimisées au cours des mois précédents :

#### **A. Description des machines**

**Machine 1 : broyeuse:** découpe bidons de plastique ou grands morceaux pour le transformer en *pellets* préparées pour son recyclage. Capacité de broyer des déchets

plastiques en grains de **2 mm** préalablement lavés et coupés à un rythme de **10 kg/heure**. Elle fonctionne actuellement à plein régime.

**Machine 2 : Injecteur:** Cette machine est capable de fabriquer de **petites pièces avec des géométries complexes**, telles que le disque distributeur du semoir de la charrue améliorée ou des sommets pour la construction de structures de type dôme. D'autres moules pourraient être développés pour la production de décorations, de bijoux et d'autres petits objets. En théorie, il pourrait injecter des pièces dans des moules en aluminium à un rythme de 1 pièce/45 minutes. Cependant, en raison de problèmes avec l'utilisation de la machine, nous **n'obtenons pas de bons résultats** en termes de qualité des pièces injectées et nous continuons à travailler pour les améliorer.

**Machine 3 : Presse chauffante:** Cette machine sert à transformer les déchets en **feuilles de plastique de 100\*40 cm** et d'une épaisseur comprise entre 4 mm et 30 mm, qui servent de base pour la création de chaises, tables, panneaux, etc. C'est la machine que nous connaissons et utilisons le mieux en raison de la haute valeur ajoutée des pièces et de la quantité de plastique qu'elle est capable de traiter. Comme nous n'avons pas sa machine complémentaire (une presse à froid), sa capacité de production est faible : **1 feuille toutes les 3 heures**, car il faut chauffer, traiter et refroidir la machine avec le plastique à l'intérieur. **Avec une presse à froid**, nous pourrions augmenter la production à **1 feuille toutes les 45 minutes** (avec des opérateurs travaillant). Cela représenterait une grande amélioration de la productivité et une meilleure utilisation des dépenses énergétiques en diesel.

**Machine 4 : découpe à commande numérique (CNC):** Permet de découper avec une petite perceuse contrôlée par un bras automatisé une **figure ou un message préalablement conçu par ordinateur**. Après une phase de construction et de programmation ardue et complexe, la machine est opérationnelle. Elle peut tracer toutes sortes de dessins pour personnaliser des objets ou des messages pour la signalétique. En général, cela prend entre **2 et 10 minutes** pour effectuer le travail, selon la complexité du dessin. Avec l'arrivée de nouveaux forets de taille plus petites, nous espérons pouvoir graver dans des tailles plus petites afin de réaliser des cachets.

## **B. Description des techniques alternatives**

Ces méthodes de recyclage sont mieux adaptées aux environnements reculés ou sans électricité ont été développées, permettant ainsi à d'autres personnes d'accéder au recyclage :

**Technique 1 : Recyclage avec une parabole solaire:** Utilisation de paraboles solaires avec des moules compresseurs adaptés pour fabriquer des carreaux en plastique, du faux verre ou des éléments décoratifs. C'est une technique qui ne nécessite aucune source d'énergie et qui permet de recycler un grand nombre de sacs en plastique, qui est le plastique le mieux recyclable. Associée à la CNC, elle permet de créer des objets décoratifs très intéressants. Le rythme de production est d'environ 1 article par heure en période de fort ensoleillement.

**Technique 2 : Recyclage avec une presse à froid:** Nous avons également développé une technique qui imite la presse chauffante en deux étapes. Tout d'abord, le plastique est fondu dans une cuisinière à gaz, à bois ou à charbon, puis versé dans le moule qui exerce la pression et refroidit le plastique avec la forme du moule. Nous avons actuellement construit une presse avec la forme d'un dossier de chaise et nous envisageons d'en construire une seconde avec la forme de l'assise. La technique fonctionne bien, bien qu'elle nécessite encore des développements, et peut être réalisée n'importe où. Il est également possible de chauffer directement le moule sur la cuisinière (à condition que le moule soit entièrement métallique).

**Technique 3 : Production de briques avec du plastique en coffrage:** Une technique intéressante et jusqu'à présent non explorée. Avec la presse à briques que nous avons déjà à FeJ, il est possible de réaliser un mélange d'argile, de ciment et de plastique (sale et non séparé) pour créer des briques de construction. Selon la littérature, il s'agit de briques ayant d'excellentes propriétés mécaniques (plus de flexibilité et moins de dureté) et surtout de très bonnes propriétés isolantes (30 % de plus qu'une brique conventionnelle). C'est une technique qui ne nécessite pas d'électricité, sauf pour le broyage du matériau.

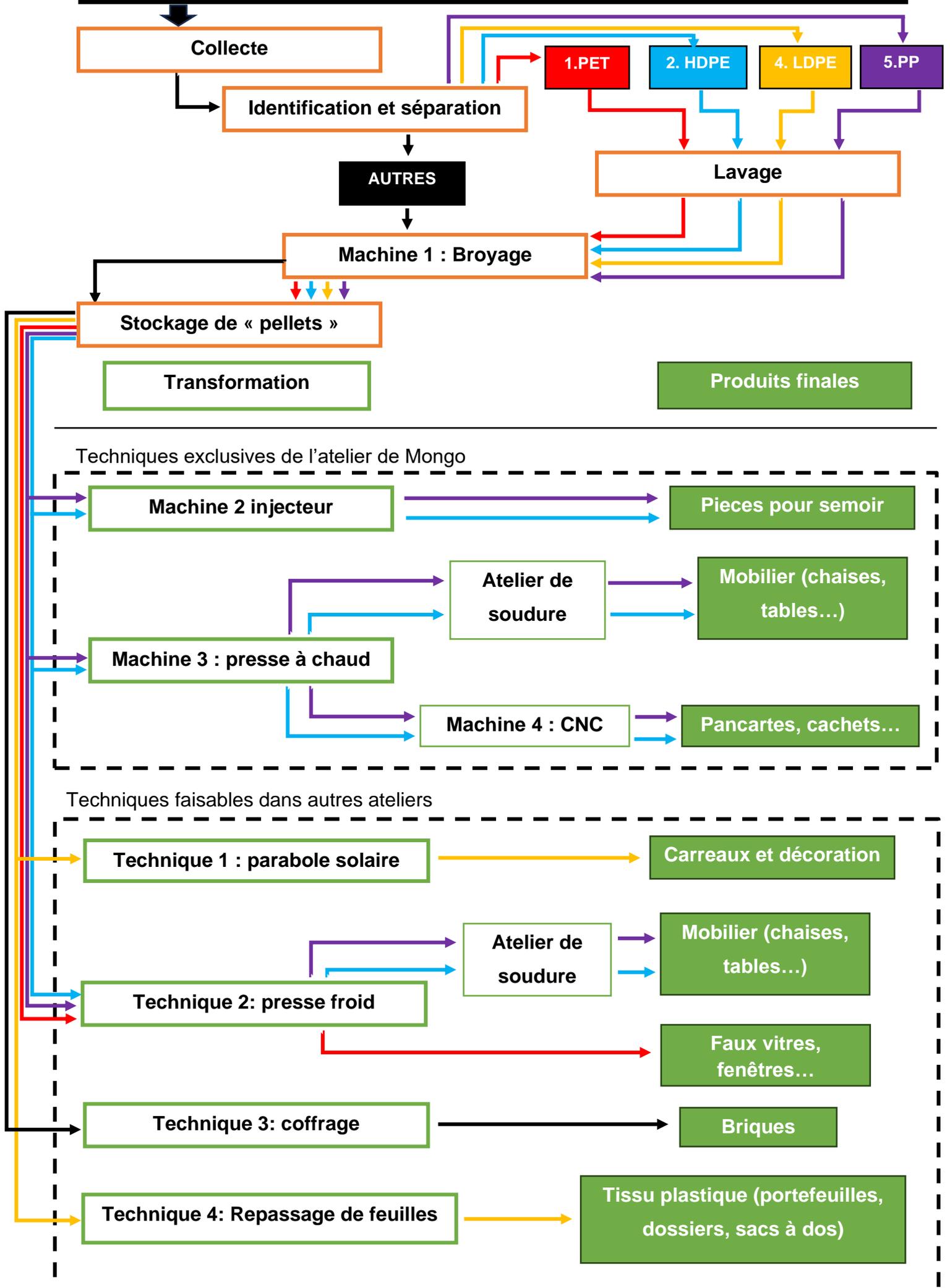
**Technique 4 : Repassage des feuilles de HDPE :** Il est possible de repasser des sacs en plastique les uns sur les autres, obtenant ainsi un tissu plastique résistant et durable qui peut être cousu pour fabriquer des portefeuilles, des sacs ou des sacs à

dos. Cette technique a été testée à plusieurs reprises, mais n'a pas été développée de manière efficace en raison du manque de personnel. (pourrait être intéressant pour les femmes au villages)

### III. Analyser la situation

<b>Synthèse SWOT</b>	
<p><b>Forces :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- On dispose de machines qui ont été testées et qui fonctionnent.</li> <li>- Des prototypes de produits attractifs pour le marché ont été produits, de bonne qualité et à des coûts raisonnables.</li> <li>- Le personnel engagé dans le projet est compétent et connaît bien les machines.</li> <li>- Il s'agit d'une technologie innovante dans la région.</li> <li>- L'objectif du projet est d'intérêt général et public.</li> </ul>	<p><b>Faiblesses :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Un rythme de travail constant n'a pas encore été atteint.</li> <li>- On ne dispose pas d'une équipe pour la collecte de plastique.</li> <li>- Le personnel est en sous-effectif et a d'autres occupations.</li> <li>- Pour le moment, la fabrication des produits a requis un temps excessif.</li> </ul>
<p><b>Opportunités :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Le réseau d'écoles peut fonctionner comme des points de collecte et générer des revenus.</li> <li>- Il n'y a pas de concurrence sur le marché du recyclage.</li> <li>- Un grand nombre d'organisations et d'institutions sont intéressées par ce sujet (possibles collaborations).</li> <li>- Inclure cette activité dans un concours de projets peut être très bénéfique pour les concours de financement auxquels participe Foi et Joie en raison de son innovation, singularité et impact.</li> </ul>	<p><b>Menaces :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La rupture de la chaîne de collecte et de fourniture de plastique.</li> <li>- Produire à un coût élevé et ne pas trouver sa place sur le marché.</li> <li>- La forte dépendance de la continuité du projet aux trois membres actuels.</li> </ul>

# Déchets plastiques



#### **IV. Définir les actions à mener**

Les actions concrètes à suivre pour atteindre le maximum de potentiel de fonctionnement de ce projet sont les suivantes :

1. Reprendre les activités quotidiennes au PlasticLab de Mongo, en établissant un horaire hebdomadaire afin de finaliser la mise au point des techniques et des machines énumérées ci-dessus.

Pour cela, une réunion devra être organisée avec les travailleurs actuels du projet, ainsi qu'avec les responsables de Foi et Joie, afin d'évaluer les horaires disponibles de chacun, et leur compatibilité avec les activités quotidiennes de l'organisation.

2. Nommer un responsable de Foi et Joie, qui sera un interlocuteur direct avec les travailleurs du laboratoire. De plus, établir un organigramme des responsabilités au sein des activités du PlasticLab.

3. Augmenter les rythmes de production des différentes machines, notamment la presse de chaleur, afin d'atteindre des niveaux de fabrication élevés pour le mobilier, avec pour objectif de fabriquer au moins cinq chaises par jour.

Pour cela, en plus d'améliorer certaines des techniques déjà en cours, il est proposé de construire une seconde presse de grande taille, mais sans système de chauffage. Cela permettrait d'économiser les temps de chauffage et de refroidissement de la machine en appliquant le rythme de production actuel. Pour cela, il sera nécessaire de fabriquer de nouveaux moules de différentes épaisseurs. Il faut analyser et choisir une parmi les différents possibilités de financement disponibles.

4. Créer un catalogue final avec les principaux produits que nous sommes capables de fabriquer, leur coût de fabrication et leur prix de vente.

Avec la direction du projet, évaluer tous les modèles actuellement fabriqués et prioriser ceux qui sont les plus intéressants pour le marché et les clients potentiels du projet. Pour effectuer une analyse des coûts et des prix, un programme informatique a été créé pour calculer les différentes données pertinentes en évaluant tous les coûts

(essence, personnel, matériaux, plastiques...) et obtenir les prix de vente finaux avec la marge souhaitée.

5. Augmenter le nombre de personnes formées à l'utilisation des machines. Peut-être impliquer les élèves du Lycée FeJ de Mongo dans l'équipe (certains ont montré beaucoup d'intérêt).

À cette fin, il est proposé d'organiser une nouvelle formation en recherchant des profils plus techniques (pas nécessairement avec une formation académique, voire des élèves du collège) afin d'augmenter l'équipe de travail à au moins cinq personnes.

6. Mettre en place un système de collecte, de tri et de lavage des déchets plastiques. Une des possibilités est de coordonner les associations de parents d'élèves des différents collèges, afin d'établir des points de collecte, de tri et de lavage dans différents villages de Guéra, liés aux écoles de Foi et Joie.

Pour cela, il existe de nombreuses possibilités, bien que cela nécessite une perspective et un dialogue institutionnel plus large que nous pouvons discuter. De l'achat des déchets à certains collecteurs isolés, à l'établissement d'une relation avec la mairie de Mongo, il est également possible de collaborer avec d'autres organisations (par exemple, des associations de personnes handicapées) ainsi que de mobiliser les parents d'élèves pour mettre en place un système dans les écoles.

## **V. ---Prioriser les actions**

La tâche prioritaire actuellement est de reprendre les activités au PlasticLab de Mongo, en établissant une relation de dialogue et de travail entre les collaborateurs et travailleurs actuels du projet, et les responsables de Foi et Joie, afin d'assurer la bonne marche du projet futur. À partir de là, la figure de Carlos Ruiz sera moins indispensable, et le projet sera préparé à continuer après sa marche.

Une fois cette point est claire l'élément le plus important sera d'augmenter le rythme de production pour atteindre les normes propres à un atelier.

Enfin, comme dernière priorité, analyser toutes les possibilités de collaboration disponibles pour réaliser la collecte, le tri et le lavage des plastiques, afin de définir un plan d'action en ce sens.

## **VI. Affecter les rôles et responsabilités**

Responsable du projet et volontaire de Foi et Joie

**Monsieur Carlos Ruiz** : l'ingénieur espagnol a été responsable de la création et du développement du projet tout au long de l'année dernière, ainsi que de l'obtention du financement des machines par le biais de la Fondation des Ingénieurs de l'ICAI et de la construction de l'atelier. Étant donné son départ imminent au mois de septembre, il est de la plus haute importance de le remplacer dans son rôle au sein de l'équipe.

Ci-dessous sont énumérés les collaborateurs externes de Foi et Joie qui collaborent avec le projet.

**Monsieur Mahamat Kalou** : diplômé en ingénierie, il travaille actuellement comme fonctionnaire au sein du système éducatif. C'est un homme capable, créatif, avec un œil critique et plein de ressources. Il possède des connaissances suffisantes en électricité et en électronique pour assurer un entretien adéquat des machines. À l'avenir, il semble être le candidat le plus approprié pour diriger l'équipe.

**Monsieur Abel Moustapha** : étudiant en ingénierie à l'Université Polytechnique de Mongo. Il a collaboré aux activités du PlasticLab depuis la construction des machines en juillet 2023. Il a démontré un grand engagement envers le projet et des compétences suffisantes pour opérer correctement les machines ainsi que pour proposer des idées intelligentes et innovantes sur les produits qui peuvent être réalisés avec elles. En raison de son rôle d'étudiant, sa disponibilité horaire est limitée.

**Monsieur Mahamat Abdelkarim** : soudeur qui travaille régulièrement pour Foi et Joie. Il a été très impliqué dans la création des machines durant les mois de juillet et août 2023. Il connaît bien leur structure et leur fonctionnement et en cas de réparation mécanique, il sera la personne la plus appropriée pour les réparer. Il a également fait partie de l'équipe lorsque la fabrication de mobilier a commencé, nous aidant dans la création des structures des chaises et dans la fabrication des meubles en général.

## **VII. Identifier les ressources nécessaires**

Les principales ressources nécessaires pour atteindre le rendement souhaité de l'atelier sont :

L'autorisation de reprendre les activités dans l'atelier, avec l'équipe complète, ainsi qu'une relation formelle entre les responsables de Foi et Joie et Messieurs Mahamat Kalou et Abel Moustapha.

Une petite extension de l'équipe avec deux ou trois profils de formation technique.

La disponibilité d'un ordinateur pour contrôler la machine de découpe numérique afin de réaliser des travaux de sérigraphie et de gravure (nous disposons déjà de forets de petit calibre pour travailler des pièces fines comme des tampons).

Pour augmenter la capacité de production de l'atelier, un investissement d'environ 350 000 FCFA est nécessaire. Cet investissement servira à l'achat des matériaux nécessaires pour fabriquer une grande presse froide, à la fabrication d'au moins six moules de différentes épaisseurs (6-15mm) et à l'achat de 20 litres d'essence pour une semaine de travail à l'atelier. Par conséquent, nous devons rechercher de nouvelles sources de financement.

Il serait également souhaitable d'organiser des journées de formation pour attirer de nouveaux collaborateurs formés pour notre projet.

Il existe d'autres ressources et activités qui pourront être réalisées, notamment celles liées à la collecte des déchets et aux relations avec les communautés. Cependant, il est nécessaire de réaliser une évaluation conjointe avec l'équipe de Foi et Joie pour aborder cette dimension.

## **VIII. ---Etablir un planning**

Les objectifs concrets pour les six prochains mois sont décrits ci-dessous.

### **Juillet :**

- Reprendre les activités dans l'atelier.
- Résoudre de petits problèmes sur la machine d'injection, développer les techniques de coffrage.
- Fabriquer au moins 4 chaises de qualité marchande.
- Réaliser une formation.
- Former les membres de l'équipe à l'utilisation de la machine CNC.
- Réaliser au moins 2 panneaux sérigraphiés avec la machine CNC.

**Août :**

- Fabriquer une grande presse froide et de nouveaux moules.
- Choisir les produits et techniques sur lesquels se concentrer jusqu'à la fin de l'année 2024.
- Commencer la mise en place d'un système de collecte.
- Fabriquer au moins 12 chaises de qualité marchande.
- Fabriquer au moins 8 panneaux de qualité marchande.

**Septembre :**

- Définir complètement la nouvelle équipe, les rôles et les responsabilités, nommer les responsables des différentes techniques et machines.
- Commencer à travailler de manière économiquement autonome (autofinancement).
- Atteindre un rythme de production d'au moins [insérer nombre] plaques par jour de travail.

**Octobre-Novembre-Décembre:**

- Avoir mis en place un système de collecte solide et indépendant.
- Avoir fabriqué au moins 100 chaises/tables avec une valeur marchande totale de 1.500.000 FCFA.
- Réaliser des campagnes de sensibilisation sur les dangers de la combustion des plastiques et les avantages du recyclage.
- Avoir une équipe à plein rendement.
- Prévoir l'extension des systèmes de collecte à au moins 2 écoles de FeJ dans d'autres zones de Guèra.

- Établir des relations avec d'autres organisations.
- Inclure les activités de l'atelier dans le contexte éducatif de FeJ, soit comme formation pour la RG21+ soit comme matière pratique du collègue.

**À partir de 2025 :**

- Évaluation de la première année de projet.
- Planification de l'année 2026.

**IX. ---Évaluer et adapter son plan**

Il est important ici de laisser la place à l'imprévu lors de l'élaboration d'un plan d'action.

Il est nécessaire d'être flexible et de ne pas rester figer dans son plan.

**Conclusion**

Le plan d'action d'un projet reste essentiel, car il vous permet de mieux préciser les objectifs, d'anticiper les différentes activités et de savoir comment les dérouler de façon chronologique.

Il favorise une meilleure compréhension du projet et sert à faire le point sur l'ensemble des ressources dont vous aurez besoin.

Ce plan d'action va aussi permettre de faciliter le suivi de ce projet.

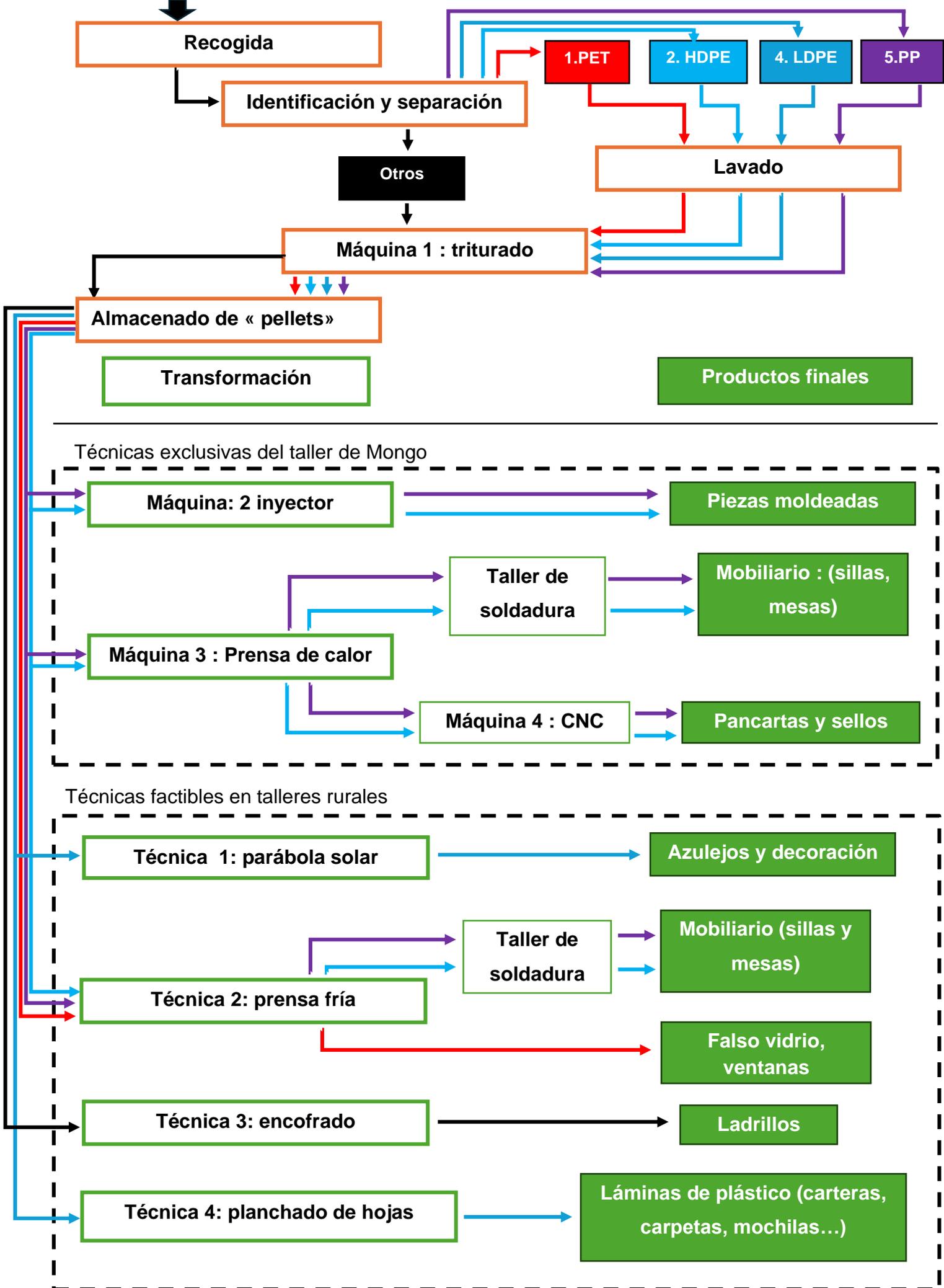
## Annexe: budget année 2024

Lista de compras Taller reciclaje Chad 2023/2024				
Producto	Vendedor	Precio FCFA	Precio €	Pagado por:
<b>ESPAÑA</b>	<b>TOTAL</b>	<b>2,598,304 F CFA</b>	<b>3,966.88 €</b>	
Chapas de acero perforado	Leroy Merlin	47,265 F CFA	72.16 €	Fundación ICAI
Tappones de rosca inyectora	RIAT Industrial	26,960 F CFA	41.16 €	Fundación ICAI
Reductor diámetro	DIAMOND BFG	21,595 F CFA	32.97 €	Fundación ICAI
Rodamientos D=30mm	SP Industires	52,262 F CFA	79.79 €	Fundación ICAI
Componentes electrónicos	Resistencias Industriales	563,759 F CFA	860.70 €	Fundación ICAI
Tornillería, brocas y machos	RS Components	114,822 F CFA	175.30 €	Fundación ICAI
Piezas trituradors	Valmondés	91,700 F CFA	140.00 €	Fundación ICAI
Eje hexagonal	Valmondés	163,750 F CFA	250.00 €	Fundación ICAI
Motor eléctrico Trifásico 1.5 KW + reductora	RCA Sistemas eléctricos SL	244,105 F CFA	372.68 €	Fundación ICAI
Aceite desmoldante de silicona	Leroy Merlin	41,324 F CFA	63.09 €	Fundación ICAI
Máscaras de seguridad/Taladro y lijadora	Leroy Merlin	164,529 F CFA	251.19 €	Fundación ICAI
Termómetro digital	Amazon	13,100 F CFA	20.00 €	Fundación ICAI
Máquina de corte por control numérico	V1 engineering	424,519 F CFA	648.12 €	Fundación ICAI
Impuestos de importación CNC	Correos	112,660 F CFA	172.00 €	Fundación ICAI
Eje trituradora 20mm-28mm	TEYDE	0 F CFA	0.00 €	Fundación ICAI
Brocas de corte y controles de temperatura	Amazon	79,176 F CFA	120.88 €	Fundación ICAI
Tasas transporte material	Air France	150,650 F CFA	230.00 €	Fundación ICAI
Acople de casquillos 20mm	RS Components	81,532 F CFA	124.48 €	Fundación ICAI
Mascarilla + tomas eléctricas y setas trifásicas	Amazon	44,134 F CFA	67.38 €	Fundación ICAI
Tijeras plástico y cabezas fresa	Amazon	39,955 F CFA	61.00 €	Fundación ICAI
Resistencias 50 W para modificación de prensa	Resistencias Industriales	96,940 F CFA	148.00 €	Fundación ICAI
Rodamientos D=20 mm y chavetas	Amazon	23,567 F CFA	35.98 €	Fundación ICAI
<b>N'DJAMENA</b>	<b>TOTAL</b>	<b>240,300 F CFA</b>	<b>366.87 €</b>	
Perfiles metálicos variados	Quincallerie du Way	87,000 F CFA	132.82 €	Fundación ICAI
Perfiles cuadrados 100x50	Quincallerie de la Monquee	102,000 F CFA	155.73 €	Fundación ICAI
Tornillería y discos de corte	Boutique A.M.M	32,300 F CFA	49.31 €	Fundación ICAI

Cables e interruptores	Electricité Generale Gassi	5,000 F CFA	7.63 €	Fundación ICAI
Gato hidráulico 16 T	Garage N'Djamena	14,000 F CFA	21.37 €	Fundación ICAI
<b>MONGO</b>	<b>TOTAL</b>	<b>881,500 F CFA</b>	<b>1,345.80 €</b>	
Aluminio para reciclar	Chatarra de Mongo	33,000 F CFA	50.38 €	Fundación ICAI
Madera para Molde	Carpintería de Mongo	7,500 F CFA	11.45 €	Fundación ICAI
Pintura+brochas+cinta adhesiva	SOMO Quincallerie	10,000 F CFA	15.27 €	Fundación ICAI
Brocas y tornillos y Us	SOMO Quincallerie	8,000 F CFA	12.21 €	Fundación ICAI
Perfiles cuadrados 25 mm	Quincallerie Ahmat	32,000 F CFA	48.85 €	Fundación ICAI
Hierros planos de 2mm	Quincallerie Ahmat	16,000 F CFA	24.43 €	Fundación ICAI
Tubo 32mm + metro + nivel	SOMO Quincallerie	8,000 F CFA	12.21 €	Fundación ICAI
Motor de moto para trituradora	Atelier Oumar	55,000 F CFA	83.97 €	Fundación ICAI
Trabajo de Forja	Herreros de Mogo	45,000 F CFA	68.70 €	Fundación ICAI
Gato hidráulico 20 T	Park de Mongo Communaite	15,000 F CFA	22.90 €	Fundación ICAI
Location Visites	Jesuites de Mongo	44,000 F CFA	67.18 €	Fundación ICAI
Gasolina para pintar	Gas mongo	1,000 F CFA	1.53 €	Carlos
Chapa de aluminio	Forja de Mongo	40,000 F CFA	61.07 €	Fundación ICAI
Fabricación molde hexágono y pentágono	Forja de Baro (Thomas Redmaji)	30,000 F CFA	45.80 €	Fundación ICAI
Fabricación molde disco sembrador	Forja de Baro (Thomas Redmaji)	20,000 F CFA	30.53 €	Fundación ICAI
Salario Soldador	Mahamat Abdelkerime	100,000 F CFA	152.67 €	Fundación ICAI
Factura FeJ por el uso del taller en verano	Foi et Joie. Tchad	80,000 F CFA	122.14 €	Fundación ICAI
Cableado y protecciones para instalación eléctrica	SOMO Quincallerie	120,000 F CFA	183.21 €	Fundación ICAI
Chapa de accero de 2mm para. Moldes	Quincallerie Ahmat	55,000 F CFA	83.97 €	RG21+
6 Tubos 25 mm	Quincallerie Ahmat	18,000 F CFA	27.48 €	Fundación ICAI

Contraplaqué de madera	Quincallerie Ahmat	15,000 F CFA	22.90 €	Fundación ICAI
Material para construcción de molde de horno	Quincallerie SOMO	8,000 F CFA	12.21 €	Fundación ICAI
Gasoil para grupo electrogenerador	Estacion Total	60,000 F CFA	91.60 €	
Tornillería y tuercas para moldes solares	SOMO Quincallerie	12,000 F CFA	18.32 €	Fundación ICAI
Cubos de basura	Absa Adai	20,000 F CFA	30.53 €	Fundación ICAI
Herramientas varias (destornillador, martillo, alicates...)	SOMO Quincallerie	12,000 F CFA	18.32 €	Fundación ICAI
Lavado de plástico reciclado	Mujer de mongo	6,000 F CFA	9.16 €	Fundación ICAI
Envío y registro pasaportes	Policía de Mongo	11,000 F CFA	16.79 €	Fundación ICAI
<b>TOTAL</b>		<b>3,720,104 F CFA</b>	<b>5,679.55 €</b>	

# Desechos plásticos





4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

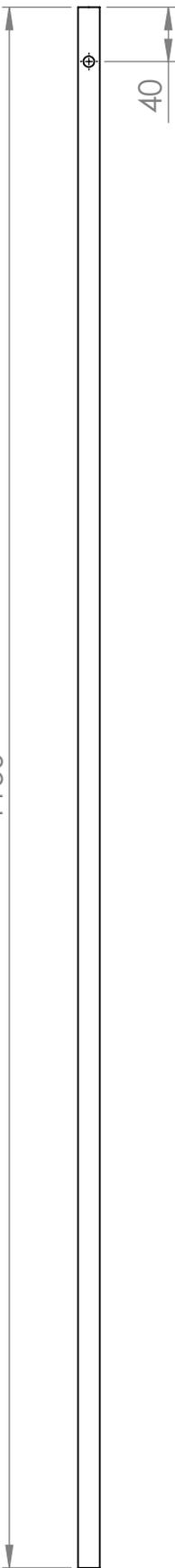
C

B

B

A

A



TUBO MACIZO Ø16  
 AGUJERO Ø8 PASANTE

MATERIAL:	ACERO	FORMATO:		TÍTULO SUPLEMENTARIO:	INYECTORA
TOLERANCIA:		A4		TÍTULO:	TUBO PALANCA
NOMBRE:		FECHA:		CÓDIGO:	
DIBUJ.	JOAQUÍN RUBIO FERNÁNDEZ	04/12/2024		01-01-01	
VERIF.	CARLOS RUIZ DIEZ	06/12/2024		COLEGIO INGENIEROS ICAI	
ESCALA:	FIRMA:	JRF			
1:5					

4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

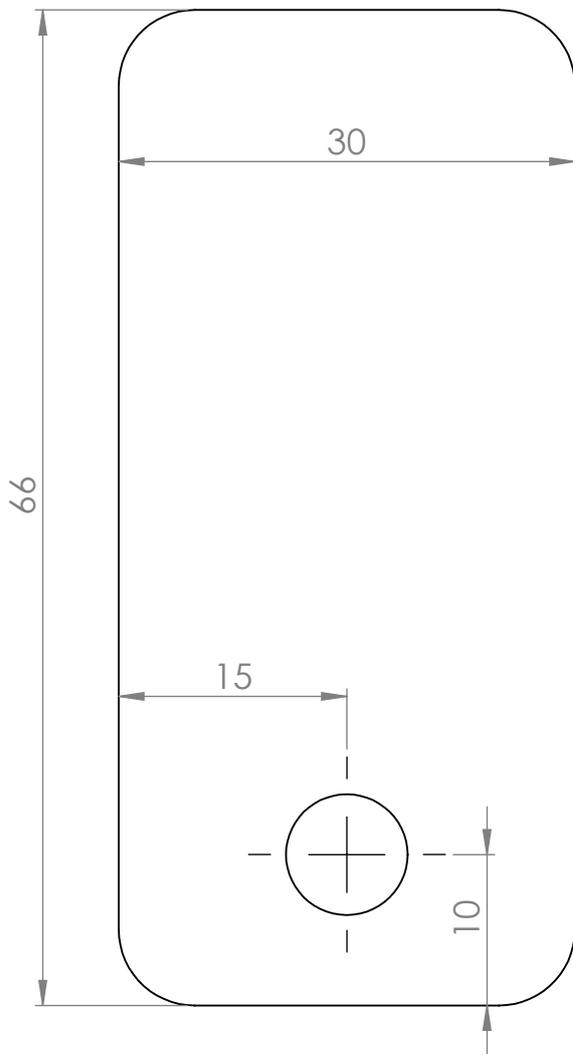
C

B

B

A

A



AGUJERO PASANTE Ø8  
 TODOS LOS REDONDEOS R5  
 ESPESOR 3

MATERIAL:	ACERO	FORMATO:		TÍTULO SUPLEMENTARIO:	INYECTORA
TOLERANCIA:		A4		TÍTULO:	PLETINA PALANCA
NOMBRE:	JOAQUÍN RUBIO FERNÁNDEZ	FECHA:	04/12/2024	ESCALA:	2:1
VERIF.:	CARLOS RUIZ DIEZ	FECHA:	06/12/2024	FIRMA:	JRF
				COLEGIO INGENIEROS ICAI	CÓDIGO: 01-01-02

4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

C

B

B

A

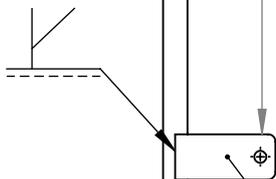
A

1

2

250

PLETINAS SOLDADAS A AMBOS LADOS DEL TUBO



2	PLETINA PALANCA	01-01-02	2
1	TUBO PALANCA	01-01-01	1
Nº ITEM	NOMBRE PIEZA	COD.	CANT.

MATERIAL:	ACERO	FORMATO:	A4
TOLERANCIA:	ISO 2768 - m		
NOMBRE:		FECHA:	
DIBUJ.	JOAQUÍN RUBIO FERNÁNDEZ	04/12/2024	
VERIF.	CARLOS RUIZ DIEZ	06/12/2024	
ESCALA:	FIRMA:		
1:5	JRF		

TÍTULO SUPLEMENTARIO:	INYECTORA
TÍTULO:	ENSAMBLAJE PALANCA
COLEGIO INGENIEROS ICAI	CÓDIGO: 01-01

4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

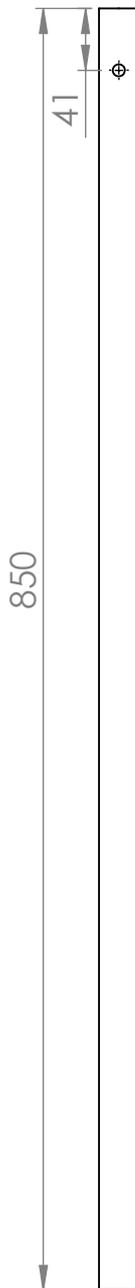
D

C

C

B

B



TUBO MACIZO  $\phi 26$   
 AGUJERO PASANTE  $\phi 8$

MATERIAL:	ACERO	FORMATO:	 	TÍTULO SUPLEMENTARIO:	INECTORA
TOLERANCIA:		A4		TÍTULO:	TUBO EMPUJADOR
NOMBRE:		FECHA:			
DIBUJ.	JOAQUÍN RUBIO FERNÁNDEZ	04/12/2024			
VERIF.	CARLOS RUIZ DIEZ	06/12/2024			
ESCALA:	FIRMA:	JRF		COLEGIO INGENIEROS ICAI	CÓDIGO: 01-02
1:5					

A

A

4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

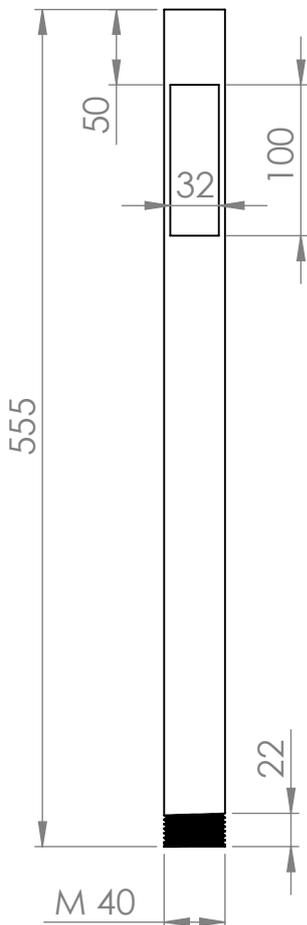
C

B

B

A

A



TUBO HUECO ØEXT 40/ Ø INT 32

MATERIAL:	ACERO	FORMATO:		TÍTULO SUPLEMENTARIO:	INYECTORA
TOLERANCIA:		A4		TÍTULO:	TUBO CONDUCTOR
NOMBRE:	JOAQUÍN RUBIO FERNÁNDEZ		FECHA:	04/12/2024	
VERIF.:	CARLOS RUIZ DIEZ		FECHA:	06/12/2024	
ESCALA:	1:5	FIRMA:	JRF	COLEGIO INGENIEROS ICAI	CÓDIGO: 01-03

4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

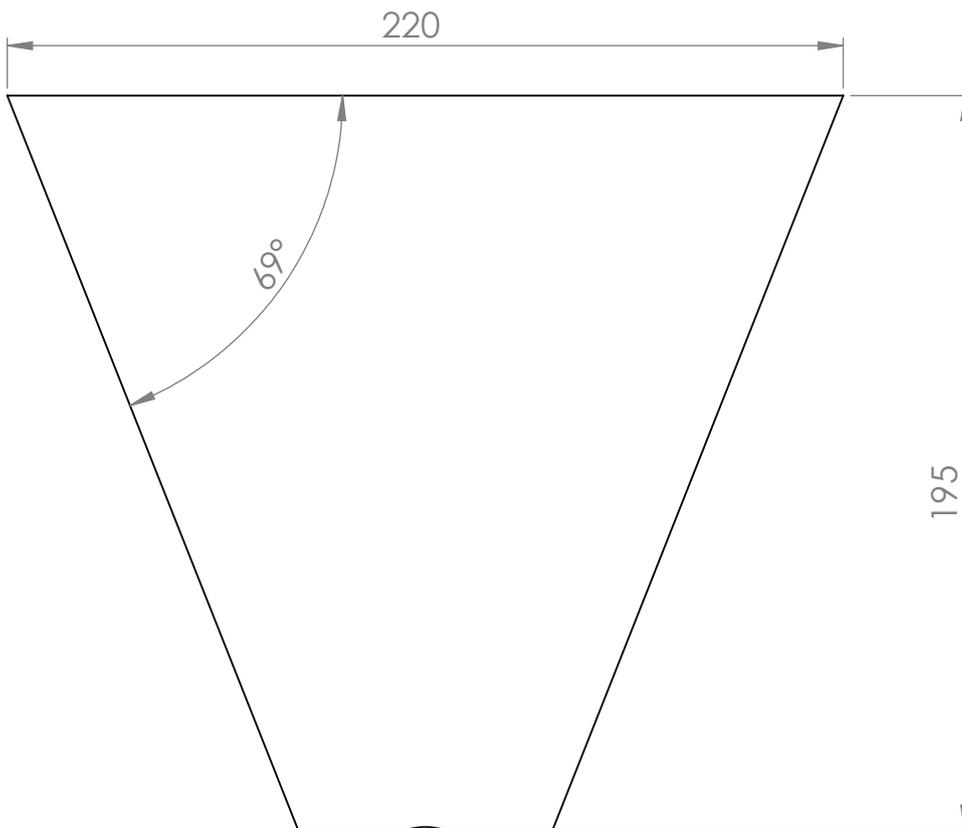
C

B

B

A

A



MATERIAL:	ACERO	FORMATO:		TÍTULO SUPLEMENTARIO:	INYECTORA
TOLERANCIA:		A4			
NOMBRE:			FECHA:	TÍTULO:	
DIBUJ.	JOAQUÍN RUBIO FERNÁNDEZ	04/12/2024	PLETINA FRONTAL EMBUDO COLECTOR		
VERIF.	CARLOS RUIZ DIEZ	06/12/2024			
ESCALA:	FIRMA:	JRF	COLEGIO INGENIEROS ICAI		CÓDIGO:
1:2					01-04-01

4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

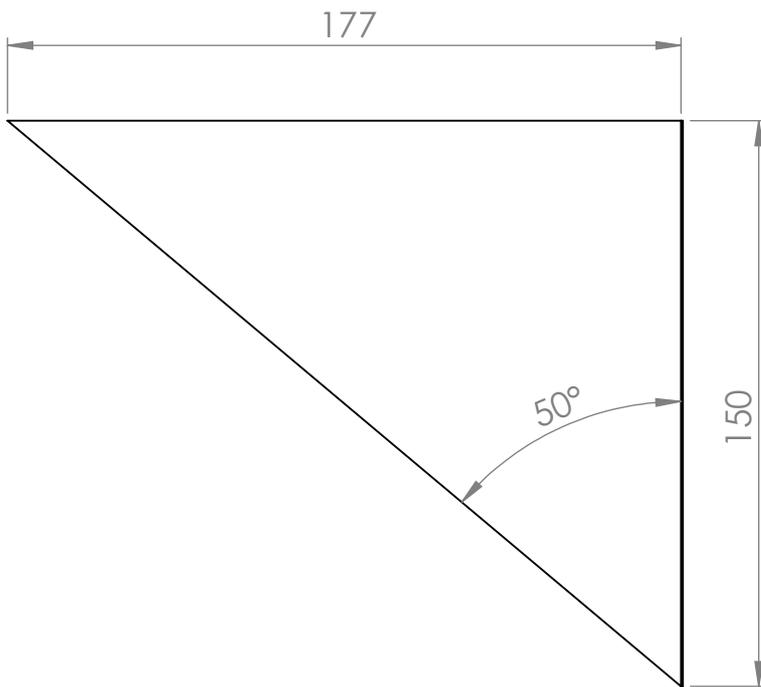
C

B

B

A

A



MATERIAL:	ACERO	FORMATO:		TÍTULO SUPLEMENTARIO:	INYECTORA
TOLERANCIA:		A4			
NOMBRE:		FECHA:		TÍTULO:	
DIBUJ.	JOAQUÍN RUBIO FERNÁNDEZ	04/12/2024		PLETINA LATERAL EMBUDO COLECTOR	
VERIF.	CARLOS RUIZ DIEZ	06/12/2024			
ESCALA:	FIRMA:		COLEGIO INGENIEROS ICAI		CÓDIGO:
1:2	JRF				01-05-02

4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

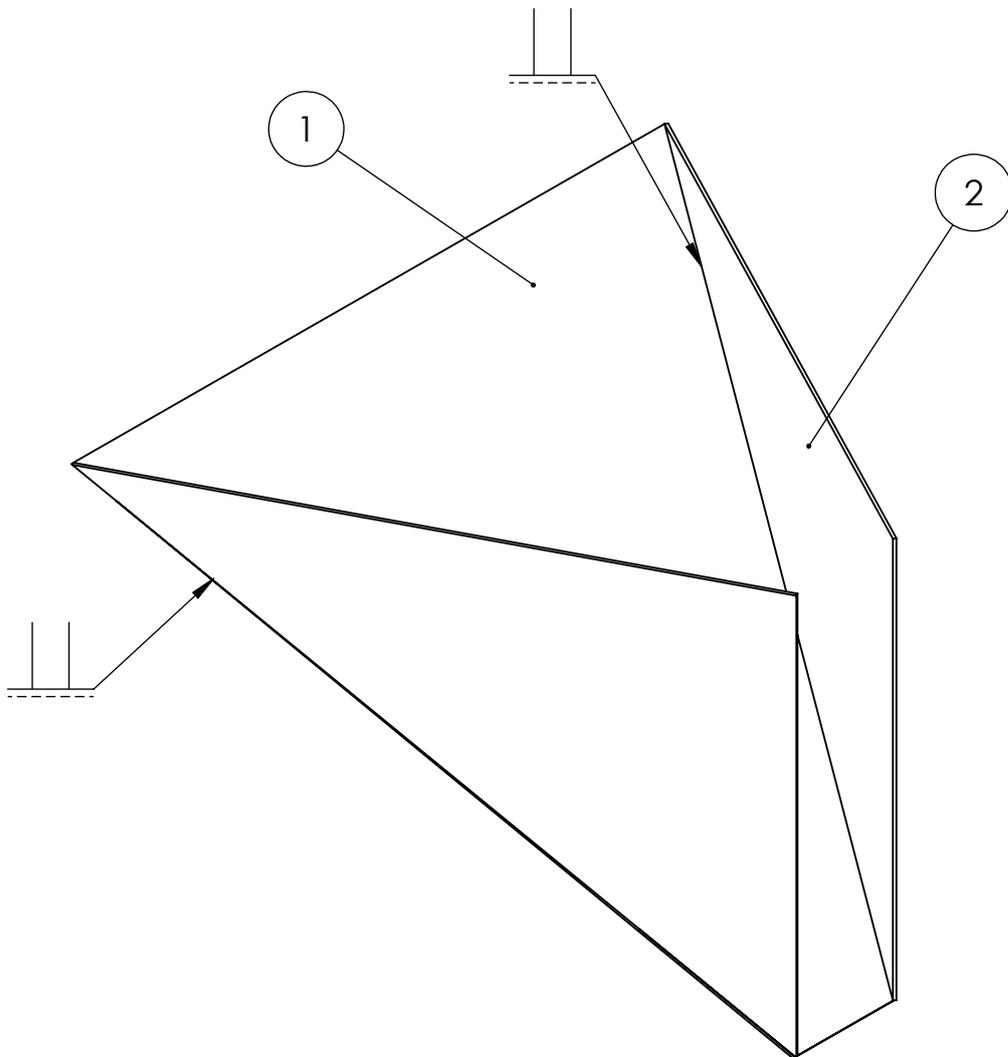
C

B

B

A

A



2	PLETINA LATERAL	01-04-02	2
1	PLETINA FRONTAL	01-04-01	1
Nº ITEM	NOMBRE PIEZA	COD.	CANT.

MATERIAL:	ACERO	FORMATO:	A4
TOLERANCIA:			
NOMBRE:		FECHA:	
DIBUJ.	JOAQUÍN RUBIO FERNÁNDEZ	04/12/2024	
VERIF.	CARLOS RUIZ DIEZ	06/12/2024	
ESCALA:	FIRMA:		
1:2	JRF		

TÍTULO SUPLEMENTARIO:	INYECTORA		
TÍTULO:	EMBUDO COLECTOR		
COLEGIO INGENIEROS ICAI		CÓDIGO:	
		01-04	

4

3

2

1

4

3

2

1

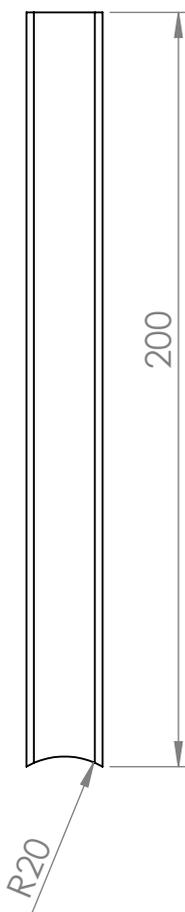
F

F

PERFIL NORMALIZADO CUADRADO 20X20

E

E



D

D

C

C

B

B

MATERIAL:	ACERO	FORMATO:		TÍTULO SUPLEMENTARIO:	INYECTORA
TOLERANCIA:		A4		TÍTULO:	TUBO CUADRADO
NOMBRE:		FECHA:			
DIBUJ.	JOAQUÍN RUBIO FERNÁNDEZ	04/12/2024			
VERIF.	CARLOS RUIZ DIEZ	06/12/2024			
ESCALA:	FIRMA:	COLEGIO INGENIEROS ICAI		CÓDIGO:	01-05-01
1:2	JRF				

A

A

4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

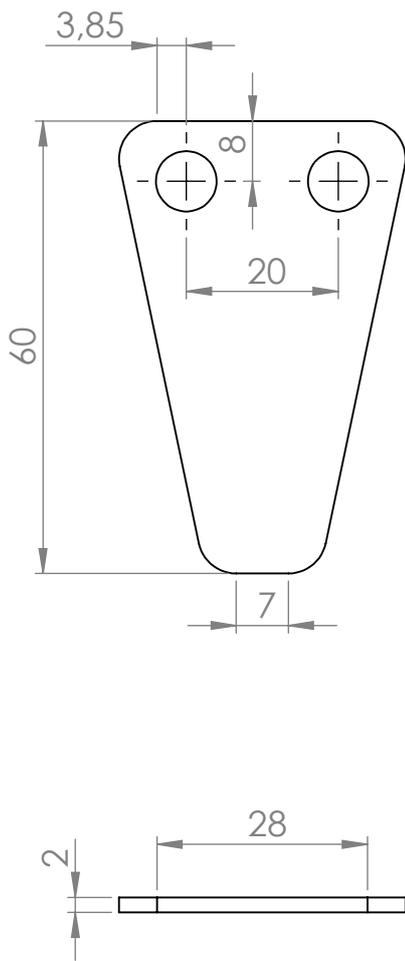
C

B

B

A

A



TODOS LOS REDONDEOS R5  
 AGUJEROS PASANTES Ø8

MATERIAL:	ACERO	FORMATO:		TÍTULO SUPLEMENTARIO:	INYECTORA
TOLERANCIA:		A4			
NOMBRE:		FECHA:		TÍTULO:	
DIBUJ.	JOAQUÍN RUBIO FERNÁNDEZ	04/12/2024		PLETINA SOPORTE LATERAL	
VERIF.	CARLOS RUIZ DIEZ	06/12/2024			
ESCALA:	FIRMA:	COLEGIO INGENIEROS ICAI			CÓDIGO:
1:1	JRF				01-05-02

4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

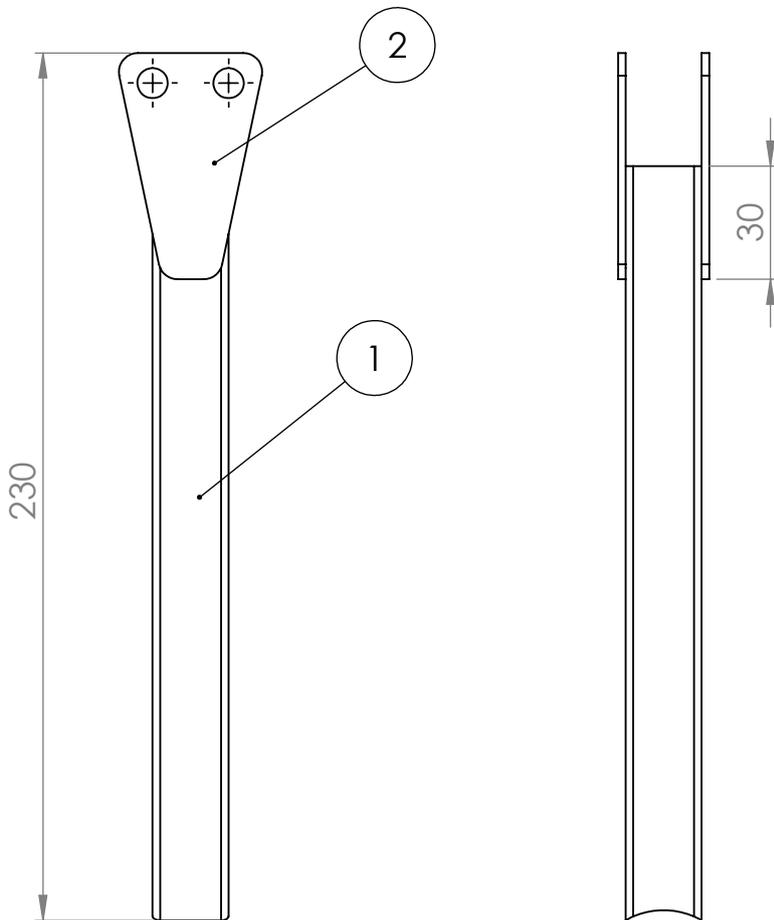
C

B

B

A

A



2	PLETINA SOPORTE LATERAL	01-05-02	2
1	TUBO CUADRADO	01-05-01	1
Nº ITEM	NOMBRE PIEZA	COD.	CANT.

MATERIAL:		FORMATO:	A4	
TOLERANCIA:		NOMBRE:	JRF	FECHA:
DIBUJ.	JOAQUÍN RUBIO FERNÁNDEZ	04/12/2024		
VERIF.	CARLOS RUIZ DIEZ	06/12/2024		
ESCALA:	1:2	FIRMA:	JRF	

TÍTULO SUPLEMENTARIO:	INYECTORA		
TÍTULO:	SOPORTE LATERAL		
COLEGIO INGENIEROS ICAI	CÓDIGO:	01-05	

4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

C

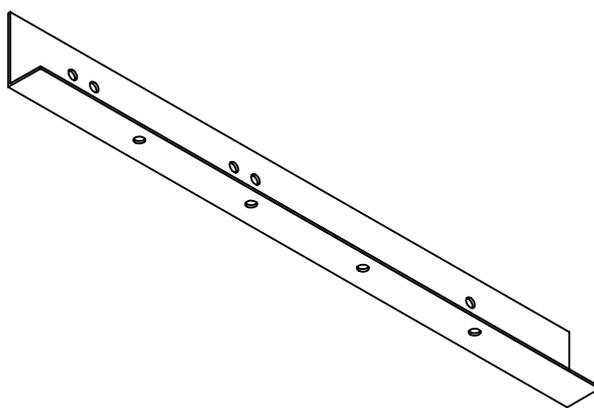
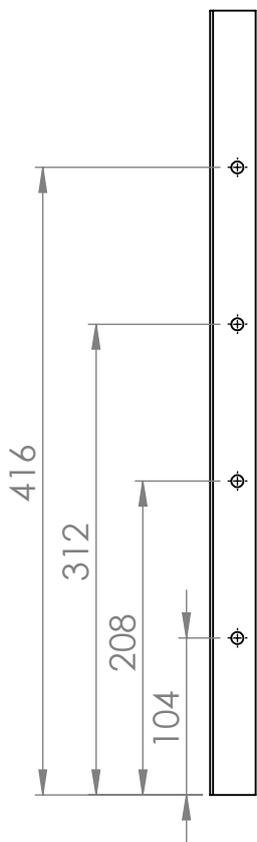
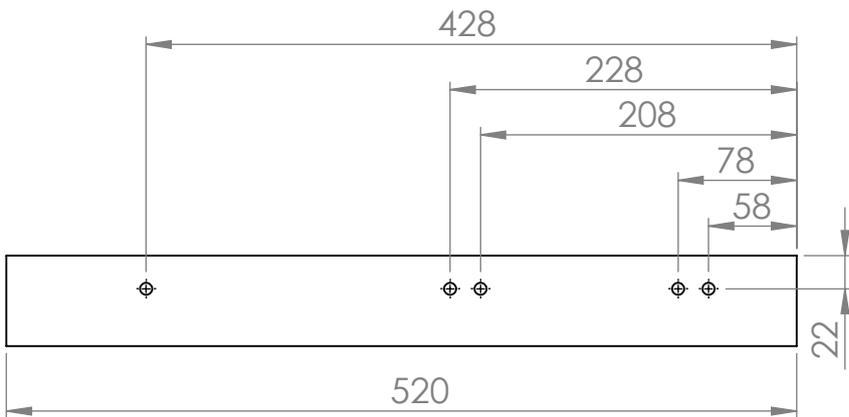
B

B

A

A

PERFIL NORMALIZADO  
L30X60



AGUJEROS PASANTES Ø8

MATERIAL:	ACERO	FORMATO:		TÍTULO SUPLEMENTARIO:	INYECTORA
TOLERANCIA:		A4		TÍTULO:	SOPORTE PARED DERECHA
NOMBRE:	JOAQUÍN RUBIO FERNÁNDEZ		FECHA:	04/12/2024	
DIBUJ.:	CARLOS RUIZ DIEZ		FECHA:	06/12/2024	
VERIF.:	JRF		COLEGIO INGENIEROS ICAI		CÓDIGO:
ESCALA:	1:5				01-06

4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

C

B

B

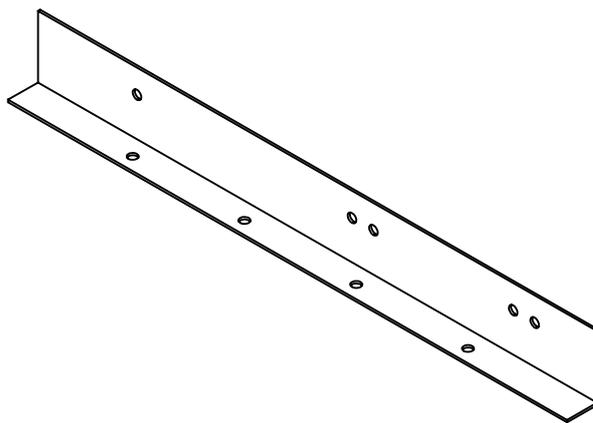
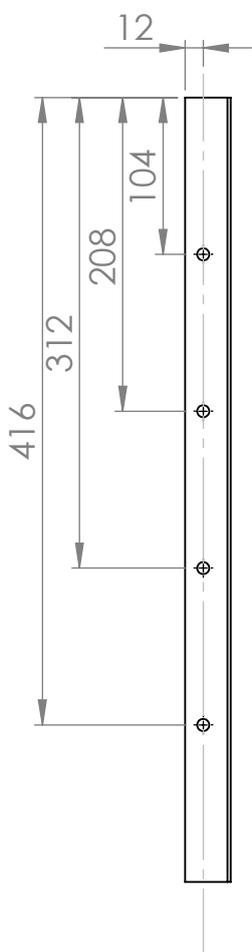
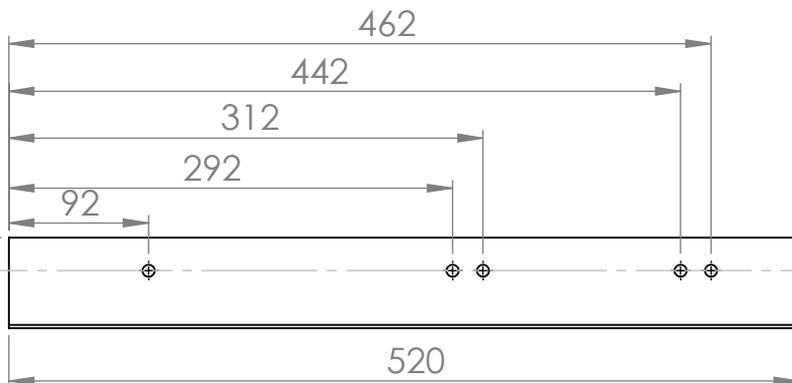
A

A

PERFIL NORMALIZADO L60X30



22



AGUJEROS PASANTES Ø8

MATERIAL:	ACERO	FORMATO:		TÍTULO SUPLEMENTARIO:	INYECTORA
TOLERANCIA:		A4		TÍTULO:	SOPORTE PARED IZQUIERDO
NOMBRE:		FECHA:			
DIBUJ.	JOAQUÍN RUBIO FERNÁNDEZ	04/12/2024			
VERIF.	CARLOS RUIZ DIEZ	06/12/2024			
ESCALA:	FIRMA:			COLEGIO INGENIEROS ICAI	CÓDIGO:
1:5	JRF				01-07

4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

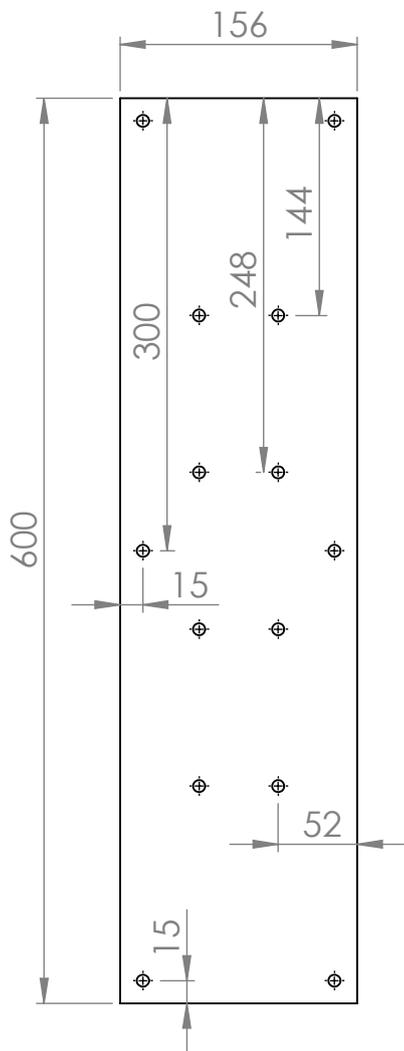
C

B

B

A

A



TODOS LOS AGUJEROS PASANTES Ø8  
 AGUJEROS SIMÉTRICOS EN LOS 4 CUADRANTES  
 ESPESOR 5MM

MATERIAL:	ACERO	FORMATO:		TÍTULO SUPLEMENTARIO:	INYECTORA
TOLERANCIA:		A4		TÍTULO:	PLACA ANCLAJE PARED
NOMBRE:		FECHA:			
DIBUJ.	JOAQUÍN RUBIO FERNÁNDEZ	04/12/2024			
VERIF.	CARLOS RUIZ DIEZ	06/12/2024			
ESCALA:	FIRMA:	JRF		COLEGIO INGENIEROS ICAI	CÓDIGO:
1:5					01-08

4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

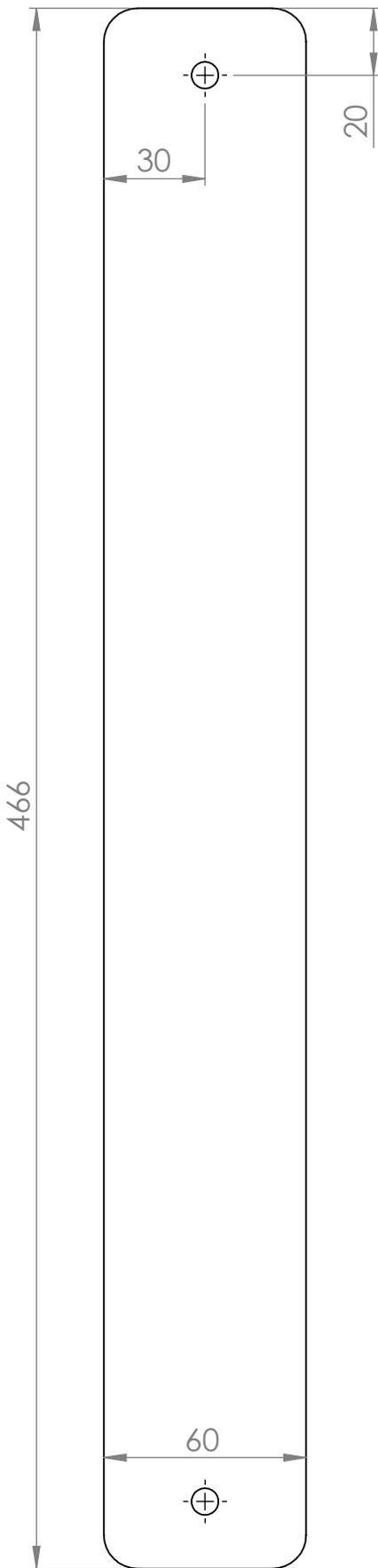
C

B

B

A

A



TODOS LOS AGUJEROS Ø8  
 TODOS LOS REDONDEOS R5  
 AGUJEROS SIMÉTRICOS  
 ESPESOR 5MM

MATERIAL:	ACERO	FORMATO:	A4	TÍTULO SUPLEMENTARIO:	INYECTORA
TOLERANCIA:					
NOMBRE:		FECHA:		TÍTULO:	PLETINA ESTRUCTURAL
DIBUJ.	JOAQUÍN RUBIO FERNÁNDEZ	04/12/2024			
VERIF.	CARLOS RUIZ DIEZ	06/12/2024			
ESCALA:	FIRMA:	JRF		COLEGIO INGENIEROS ICAI	CÓDIGO: 01-10
1:2					

4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

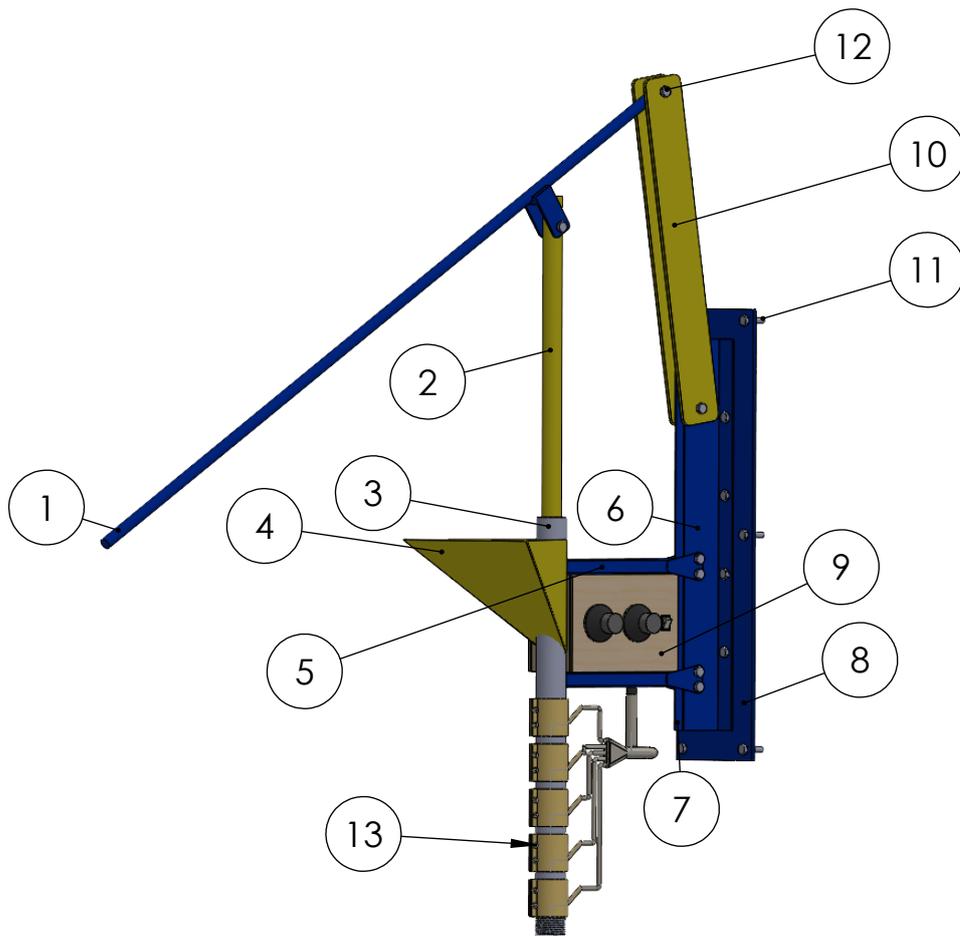
C

B

B

A

A



15	TUERCA M4		10
14	TUERCA M8		6
13	TORNILLO M4X20		10
12	TORNILLO M8X50		6
11	TORNILLO M8X30		14
10	PLETINA ESTRUCTURAL	01-10	2
9	CAJA ELECTRÓNICA	01-09	1
8	SOPORTE PARED	01-08	1
7	ANCLAJE PARED IZQUIERDO	01-07	1
6	ANCLAJE PARED DERECHO	01-06	1
5	SOPORTE LATERAL	01-05	2
4	EMBUDO COLECTOR	01-04	2
3	TUBO CONDUCTOR	01-03	1
2	TUBO EMPUJADOR	01-02	1
1	PALANCA	01-01	1
<b>Nº ITEM</b>	<b>NOMBRE PIEZA</b>	<b>COD.</b>	<b>CANT.</b>

TOLERANCIA:

ISO 2768 - c

FORMATO:  
A4

TÍTULO SUPLEMENTARIO:

INYECTORA

NOMBRE:

FECHA:

TÍTULO:

ENSAMBLAJE INYECTORA

DIBUJ.

JOAQUÍN RUBIO FERNÁNDEZ

04/12/2024

VERIF.

CARLOS RUIZ DIEZ

06/12/2024

ESCALA:

1:10

FIRMA:

JRF

COLEGIO INGENIEROS ICAI

CÓDIGO:

01-00-00

4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

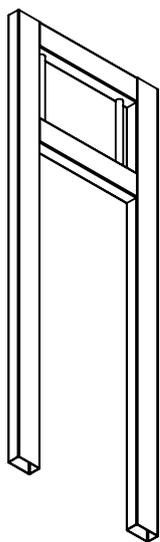
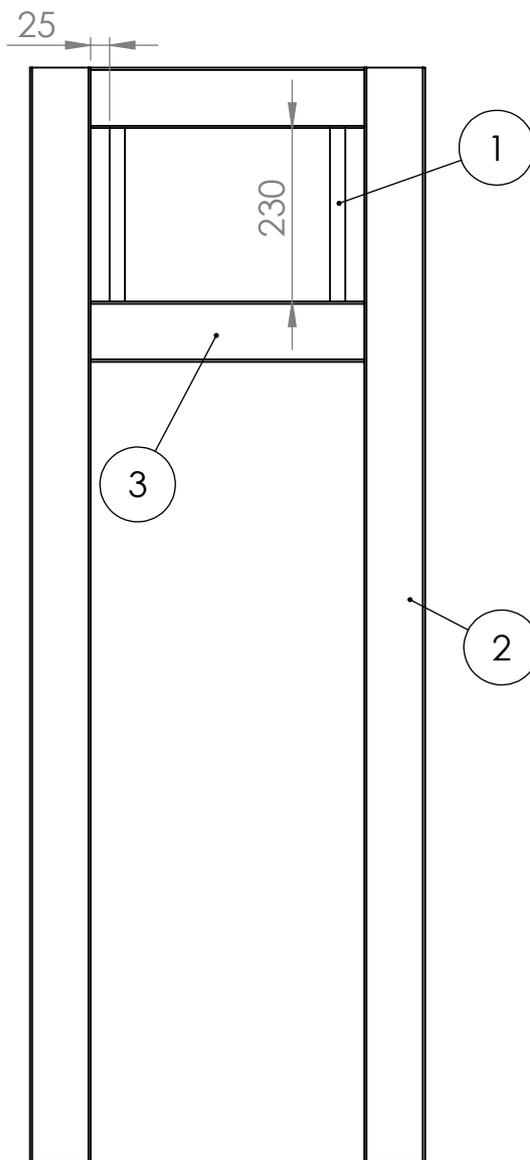
C

B

B

A

A



Pieza simétrica, misma distancia para ambas guías  
Barras colocadas en el centro de la viga horizontal

3	GUIA	02-01-03	2
2	VIGA 40X80 L360	02-01-02	2
1	VIGA 40X80 L1450	02-01-01	2
Nº ITEM	NOMBRE PIEZA	COD.	CANT.

MATERIAL:	S235JR	FORMATO:	A4
TOLERANCIA:	ISO 2768 - m		
NOMBRE:		FECHA:	
DIBUJ.	JOAQUÍN RUBIO FERNÁNDEZ	30/12/2024	
VERIF.	CARLOS RUIZ DIEZ	04/01/2025	
ESCALA:	FIRMA:		
1:10	JRF		

TÍTULO SUPLEMENTARIO:	PRENSA DE CALOR	
TÍTULO:	ENSAMBLAJE LATERAL	
COLEGIO INGENIEROS ICAI	CÓDIGO:	02-01-00

4

3

2

1

4

3

2

1

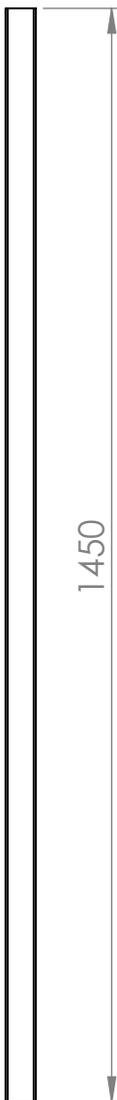
F

F

Perfil normalizado 40x80 e4mm

E

E



D

D

C

C

B

B

MATERIAL:	S235JR	FORMATO:		TÍTULO SUPLEMENTARIO:	PRENSA DE CALOR
TOLERANCIA:	ISO 2768 - m	A4		TÍTULO:	
NOMBRE:		FECHA:		COLEGIO INGENIEROS ICAI      CÓDIGO: 02-01-01	
DIBUJ.	JOAQUÍN RUBIO FERNÁNDEZ	30/12/2024			
VERIF.	CARLOS RUIZ DIEZ	04/01/2025			
ESCALA:	FIRMA:				
1:10	JRF				

A

A

4

3

2

1

4

3

2

1

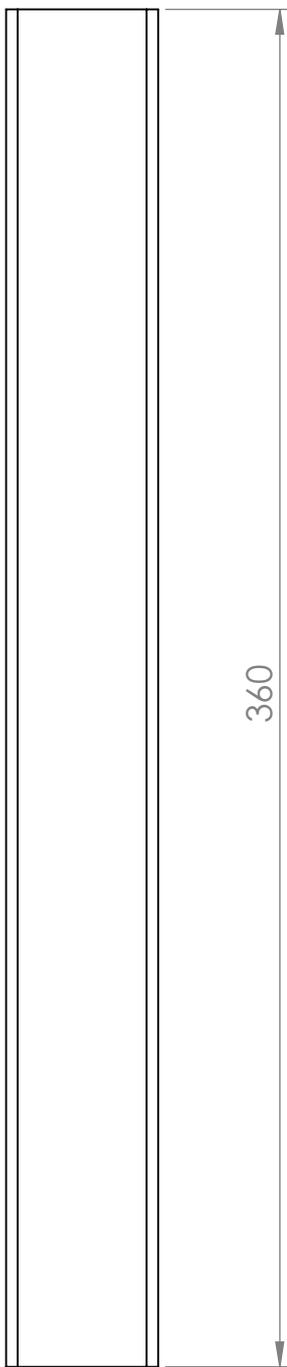
F

F

Perfil normalizado 40x80 e4

E

E



360

D

D

C

C

B

B

A

A

MATERIAL:	S235JR	FORMATO:		TÍTULO SUPLEMENTARIO:	PRESA DE CALOR
TOLERANCIA:	ISO 2768 - m	A4		TÍTULO:	VIGA 40X80 L360
NOMBRE:		FECHA:		COLEGIO INGENIEROS ICAI	
DIBUJ.	JOAQUÍN RUBIO FERNÁNDEZ	30/12/2024			
VERIF.	CARLOS RUIZ DIEZ	04/01/2025			
ESCALA:	FIRMA:	CÓDIGO:		02-01-02	
1:2	JRF				

4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

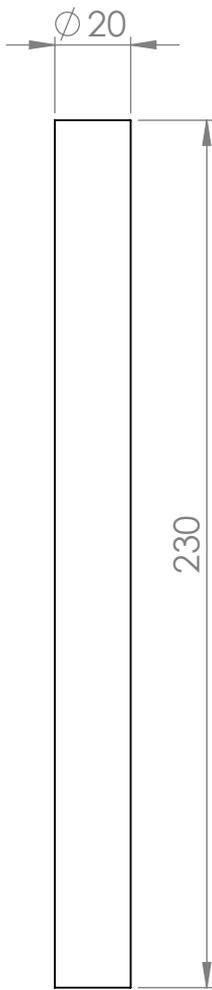
D

C

C

B

B



MATERIAL:	S235JR	FORMATO:		TÍTULO SUPLEMENTARIO:	PRESA DE CALOR
TOLERANCIA:	ISO 2768 - m	A4		TÍTULO:	GUÍA
NOMBRE:		FECHA:		COLEGIO INGENIEROS ICAI	
DIBUJ.	JOAQUÍN RUBIO FERNÁNDEZ	30/12/2024		CÓDIGO:	
VERIF.	CARLOS RUIZ DIEZ	04/01/2025		02-01-03	
ESCALA:	FIRMA:				
1:2	JRF				

A

A

4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

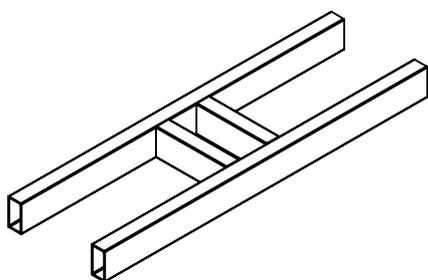
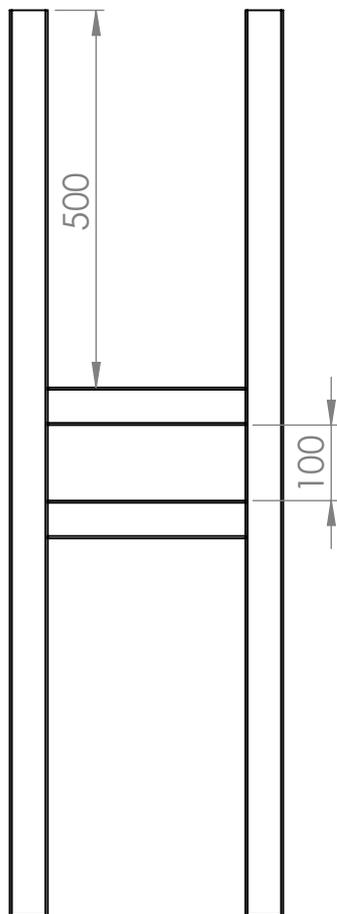
C

B

B

A

A



2	VIGA 40X80 L260	02-02-02	2
1	VIGA 40X80 L1200	02-02-01	2
Nº ITEM	NOMBRE PIEZA	COD.	CANT.

MATERIAL:	S235JR	FORMATO:	A4	
TOLERANCIA:	ISO 2768 - m			
NOMBRE:		FECHA:		
DIBUJ.	JOAQUÍN RUBIO FERNÁNDEZ	30/12/2024		
VERIF.	CARLOS RUIZ DIEZ	04/01/2025		
ESCALA:	FIRMA:			
1:10	JRF			

TÍTULO SUPLEMENTARIO:	PRENSA DE CALOR		
TÍTULO:	ENSAMBLAJE SOPORTE PATAS		
COLEGIO INGENIEROS ICAI		CÓDIGO:	02-02-00

4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

C

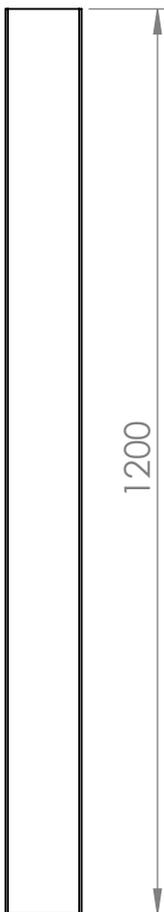
B

B

A

A

Perfil normalizado 50x100 e4



MATERIAL:	S235JR	FORMATO:		TÍTULO SUPLEMENTARIO:	PRENSA DE CALOR
TOLERANCIA:	ISO 2768 - m	A4		TÍTULO:	VIGA 50x100 L1200
NOMBRE:		FECHA:		COLEGIO INGENIEROS ICAI      CÓDIGO: 02-02-01	
DIBUJ.	JOAQUÍN RUBIO FERNÁNDEZ	30/12/2024			
VERIF.	CARLOS RUIZ DIEZ	04/01/2025			
ESCALA:	FIRMA:				
1:10	JRF				

4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

Perfil normalizado 50x100 L260

E

E

D

D

260

C

C

B

B

A

A

MATERIAL:	S235JR	FORMATO:		TÍTULO SUPLEMENTARIO:	PRENSA DE CALOR
TOLERANCIA:	ISO 2768 - m	A4		TÍTULO:	VIGA 50x100 L260
NOMBRE:		FECHA:		COLEGIO INGENIEROS ICAI      CÓDIGO: 02-02-02	
DIBUJ.	JOAQUÍN RUBIO FERNÁNDEZ	30/12/2024			
VERIF.	CARLOS RUIZ DIEZ	04/01/2025			
ESCALA:	FIRMA:				
1:2	JRF				

4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

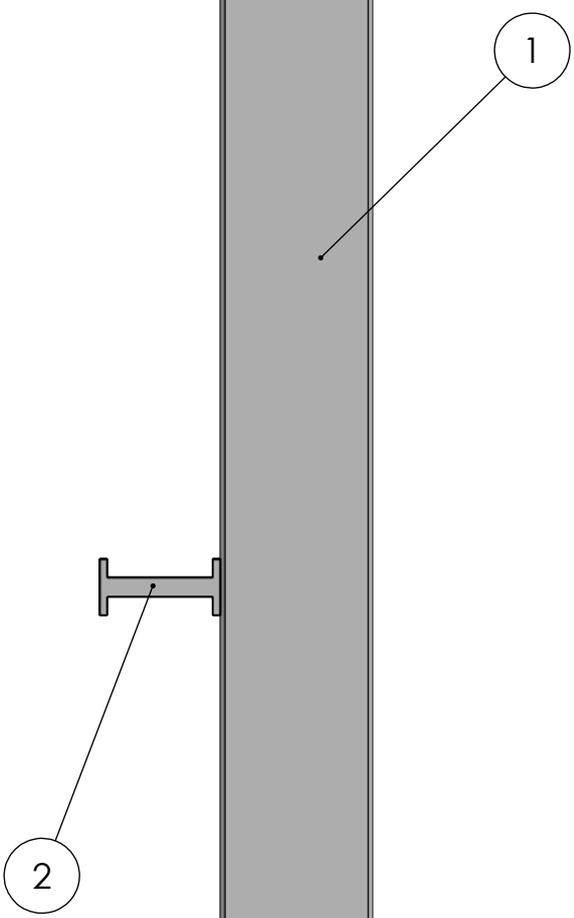
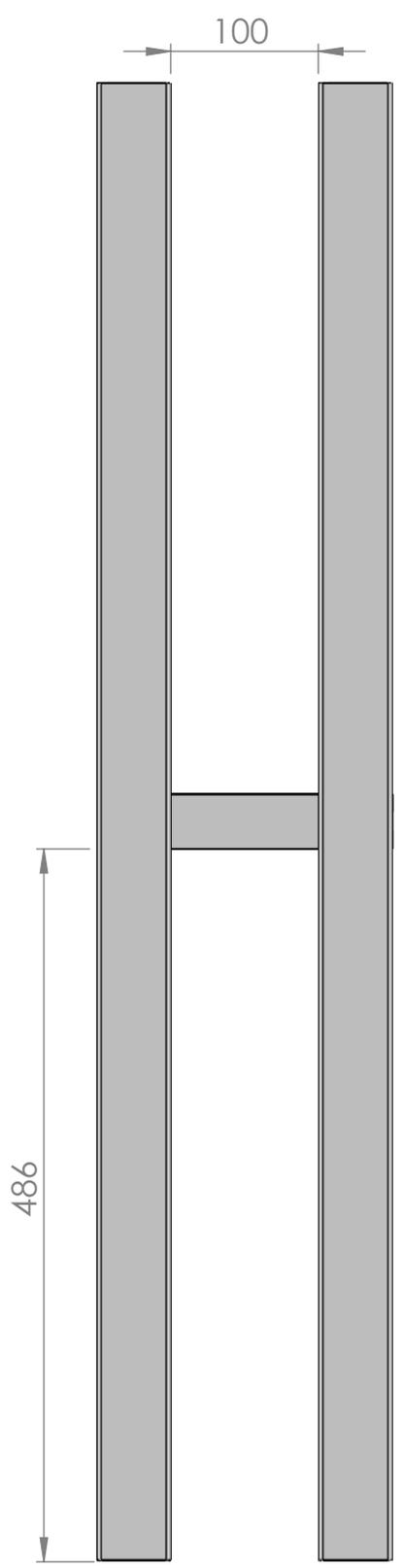
C

B

B

A

A



2	VIGA 50X100 L1010	02-03-02	2
1	VIGA IPN 80	02-03-01	1
Nº ITEM	NOMBRE PIEZA	COD.	CANT.

MATERIAL:	S235JR	FORMATO:	A4
TOLERANCIA:	ISO 2768 - m		
NOMBRE:		FECHA:	
DIBUJ.	JOAQUÍN RUBIO FERNÁNDEZ	30/12/2024	
VERIF.	CARLOS RUIZ DIEZ	04/01/2025	
ESCALA:	FIRMA: JRF		

TÍTULO SUPLEMENTARIO:	PRENSA DE CALOR		
TÍTULO:	SOPORTE MARCO INFERIOR		
COLEGIO INGENIEROS ICAI		CÓDIGO:	02-03-00

4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

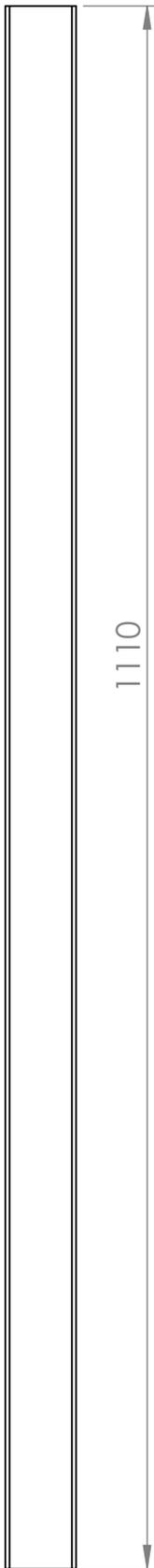
C

B

B

A

A



Perfil normalizado 50x100

MATERIAL:	S235JR	FORMATO:		TÍTULO SUPLEMENTARIO:	PRESA DE CALOR
TOLERANCIA:	ISO 2768 - m	A4		TÍTULO:	VIGA 50x100 L1010
NOMBRE:		FECHA:		COLEGIO INGENIEROS ICAI      CÓDIGO: 02-03-01	
DIBUJ.	JOAQUÍN RUBIO FERNÁNDEZ	30/12/2024			
VERIF.	CARLOS RUIZ DIEZ	04/01/2025			
ESCALA:	FIRMA:				
1:5	JRF				

4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

C

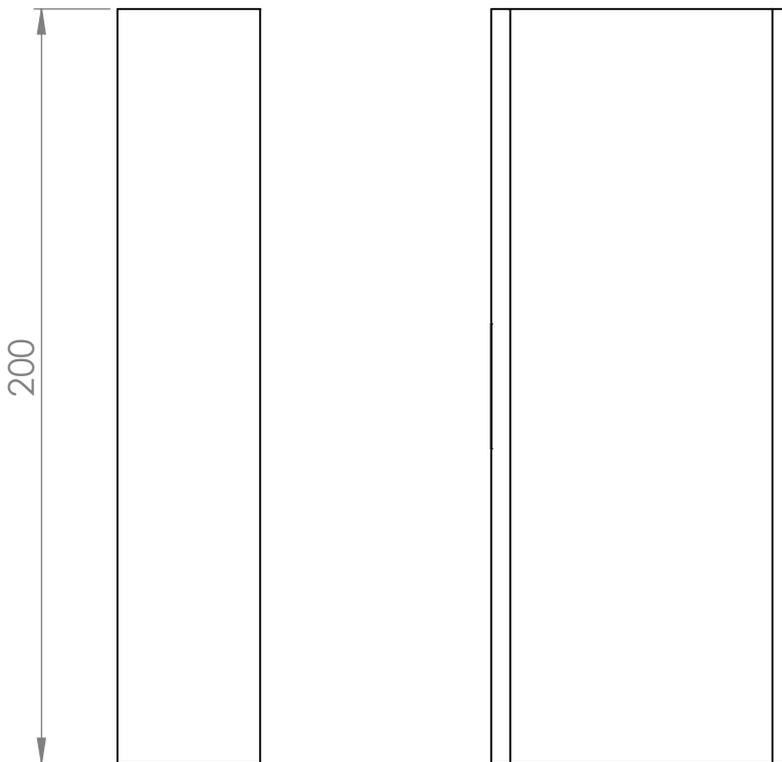
B

B

A

A

Perfil normalizado IPN 80



200

MATERIAL:	S235JR	FORMATO:		TÍTULO SUPLEMENTARIO:	PRESA DE CALOR
TOLERANCIA:	ISO 2768 - m	A4		TÍTULO:	VIGA IPN 80 L200
NOMBRE:		FECHA:			
DIBUJ.	JOAQUÍN RUBIO FERNÁNDEZ	30/12/2024			
VERIF.	CARLOS RUIZ DIEZ	04/01/2025			
ESCALA:	FIRMA:	COLEGIO INGENIEROS ICAI		CÓDIGO:	02-03-02
1:2	JRF				

4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

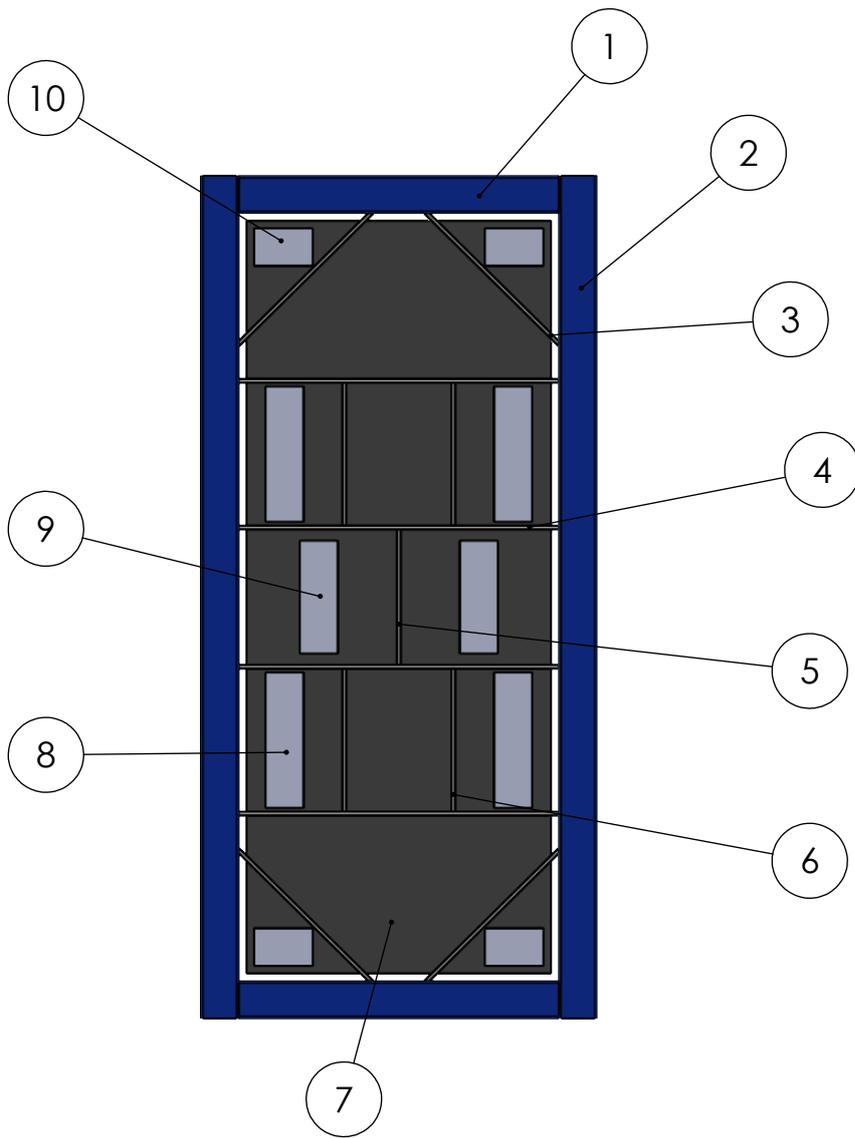
C

B

B

A

A



10	RESISTENCIA PLANA 50W		4
9	RESISTENCIA PLANA 125W		2
8	RESISTENCIA PLANA 175W		4
7	PLANCHA	02-04-07	1
6	VERTICAL 5X50 L190	02-04-06	2
5	VERTICAL 5X50 L180	02-04-05	1
4	HORIZONTAL 5X50 L420	02-04-04	3
3	DIAGONAL 5X50 L250	02-04-03	4
2	VIGA 50x100 L1120	02-04-02	2
1	VIGA 50x100 L420	02-04-01	2
Nº ITEM	NOMBRE PIEZA	COD.	CANT.

MATERIAL:	S235JR	FORMATO:	A4
TOLERANCIA:	ISO 2768 - m		
NOMBRE:		FECHA:	
DIBUJ.	JOAQUÍN RUBIO FERNÁNDEZ	30/12/2024	
VERIF.	CARLOS RUIZ DIEZ	04/01/2025	
ESCALA:	FIRMA:		
1:10	JRF		

TÍTULO SUPLEMENTARIO:	PRENSA DE CALOR
TÍTULO:	MARCO SUPERIOR
COLEGIO INGENIEROS ICAI	CÓDIGO: 02-04-00

4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

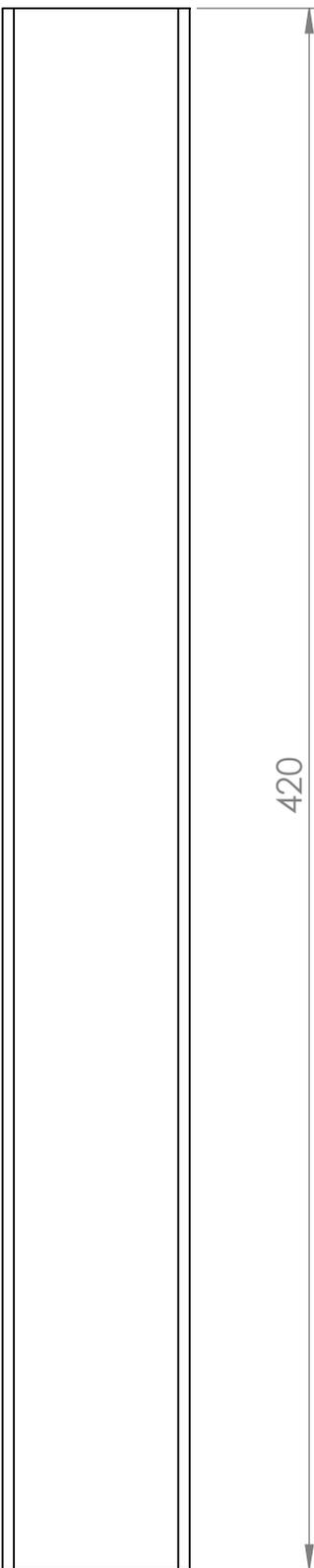
D

C

C

B

B



420

Perfil normalizado 50x100 e4mm

MATERIAL:	S235JR	FORMATO:		TÍTULO SUPLEMENTARIO:	PRENSA DE CALOR
TOLERANCIA:	ISO 2768 - m	A4		TÍTULO:	VIGA 50x100 L420
NOMBRE:		FECHA:		COLEGIO INGENIEROS ICAI      CÓDIGO: 02-04-01	
DIBUJ.	JOAQUÍN RUBIO FERNÁNDEZ	30/12/2024			
VERIF.	CARLOS RUIZ DIEZ	04/01/2025			
ESCALA:	FIRMA:				
1:2	JRF				

A

A

4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

C

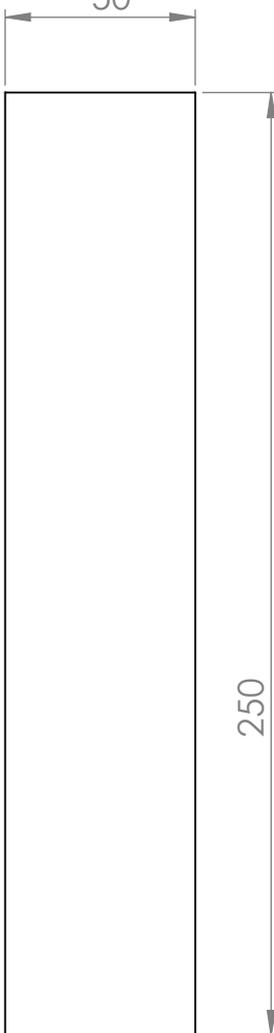
B

B

Espesor 5mm

50

250



MATERIAL:	S235JR	FORMATO:		TÍTULO SUPLEMENTARIO:	PRENSA DE CALOR
TOLERANCIA:	ISO 2768 - m	A4		TÍTULO:	DIAGONAL L250
NOMBRE:		FECHA:		COLEGIO INGENIEROS ICAI      CÓDIGO: 02-04-03	
DIBUJ.	JOAQUÍN RUBIO FERNÁNDEZ	30/12/2024			
VERIF.	CARLOS RUIZ DIEZ	04/01/2025			
ESCALA:	FIRMA:				
1:2	JRF				

A

A

4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

50

E

E

420

D

D

C

C

B

B

Espesor 5mm

A

A

MATERIAL:	S235JR	FORMATO:		TÍTULO SUPLEMENTARIO:	PRESA DE CALOR
TOLERANCIA:	ISO 2768 - m	A4		TÍTULO:	HORIZONTAL L420
NOMBRE:		FECHA:		COLEGIO INGENIEROS ICAI      CÓDIGO: 02-04-04	
DIBUJ.	JOAQUÍN RUBIO FERNÁNDEZ	30/12/2024			
VERIF.	CARLOS RUIZ DIEZ	04/01/2025			
ESCALA:	FIRMA:				
1:2	JRF				

4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

50

E

E

D

D

180

C

C

B

B

Espesor 5mm

A

A

MATERIAL:	S235JR	FORMATO:		TÍTULO SUPLEMENTARIO:	PRENSA DE CALOR
TOLERANCIA:	ISO 2768 - m	A4		TÍTULO:	VERTICAL L180
NOMBRE:		FECHA:		COLEGIO INGENIEROS ICAI      CÓDIGO: 02-04-05	
DIBUJ.	JOAQUÍN RUBIO FERNÁNDEZ	30/12/2024			
VERIF.	CARLOS RUIZ DIEZ	04/01/2025			
ESCALA:	FIRMA:				
1:1	JRF				

4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

C

B

B

50

190

Espesor 5mm

MATERIAL:	S235JR	FORMATO:		TÍTULO SUPLEMENTARIO:	PRENSA DE CALOR
TOLERANCIA:	ISO 2768 - m	A4		TÍTULO:	VERTICAL L190
NOMBRE:		FECHA:		COLEGIO INGENIEROS ICAI      CÓDIGO: 02-04-06	
DIBUJ.	JOAQUÍN RUBIO FERNÁNDEZ	30/12/2024			
VERIF.	CARLOS RUIZ DIEZ	04/01/2025			
ESCALA:	FIRMA:				
1:1	JRF				

A

A

4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

C

B

B

400

1000

Espesor 3mm

MATERIAL:	S235JR	FORMATO:		TÍTULO SUPLEMENTARIO:	PRENSA DE CALOR
TOLERANCIA:	ISO 2768 - m	A4			
NOMBRE:		FECHA:		TÍTULO:	
DIBUJ.	JOAQUÍN RUBIO FERNÁNDEZ	30/12/2024		PLANCHA DE HIERRO	
VERIF.	CARLOS RUIZ DIEZ	04/01/2025			
ESCALA:	FIRMA:			COLEGIO INGENIEROS ICAI	CÓDIGO:
1:5	JRF				02-04-07

A

A

4

3

2

1

<b>COSTOS DIRECTOS</b>	
<b>Concepto</b>	<b>Cantidad (EUR €)</b>
Materiales comprados en España	3.564,88 €
Materiales comprados en Yamena (Chad)	366,86 €
Materiales comprados en Mongo (Chad)	832,81 €
Transporte Material España - Chad	418,79 €
Mano de Obra local (Mongo)	306,86 €
Alquiler taller Foi et Joie (Mongo)	122,14 €
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>	<b>5.612,34 €</b>

COSTOS INDIRECTOS		
Concepto	Cantidad (EUR €)	Columna1
Trabajo voluntario Carlos Ruiz, Carlo Sanjuan y Joaquín Rubio) 504hx 14,62€/h	7.368,48 € -	
Alojamiento y comida	67,18 €	Jesuites de Mongo
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>	<b>7.435,66 €</b>	

**Alquiler de taller Foi et Joie (Mongo)**

<b>Concepto</b>	<b>Cantidad (EUR €)</b>	<b>Proveedor</b>
Factura Foi et Joie uso taller en verano	122,14 €	Foi et Joie Tchad
<b>TOTAL</b>	<b>122,14 €</b>	

<b>Mano de obra local (Mongo)</b>		
<b>Concepto</b>	<b>Cantidad (EUR €)</b>	<b>Proveedor</b>
Trabajos de forja	68,70 €	Herreros de Mongo
Salario soldador	152,67 €	Mahamat Abdelkerime
Lavado plástico reciclado	9,16 €	Mujer de Mongo
Fabricación molde hexágono y pentágono	45,80 €	Forja de Baro (Thomas Redmaji)
Fabricación molde disco sembrador	30,53 €	Forja de Baro (Thomas Redmaji)
<b>TOTAL</b>	<b>306,86 €</b>	

**Transporte material España - Chad**

<b>Concepto</b>	<b>Cantidad (EUR €)</b>	<b>Proveedor</b>
Tasas transporte material	230,00 €	Air France
Impuestos de importación CNC	172,00 €	Correos
Envío y registro pasaportes	16,79 €	Policía de Mongo
<b>TOTAL</b>	<b>418,79 €</b>	

<b>Materiales comprados en España</b>		
<b>Concepto</b>	<b>Cantidad (EUR €)</b>	<b>Proveedor</b>
Termómetro digital	20,00 €	Amazon
Brocas de corte y controles de temperatura	120,88 €	Amazon
Mascarilla, tomas eléctricas y setas trifásicas	67,38 €	Amazon
Tijeras de plástico y cabezas fresa	61,00 €	Amazon
Rodamientos D = 20mm y chavetas	35,98 €	Amazon
Reductor de diámetro	32,97 €	DIAMOND BFG
Chapas de acero perforado	72,16 €	Leroy Merlin
Aceite desmoldante de silicona	63,09 €	Leroy Merlin
Máscaras de seguridad, taladro y lijadora	251,19 €	Leroy Merlin
Motor eléctrico trifásico 1,5 kW y reductora	372,68 €	RCA Sistemas eléctricos SL
Componentes electrónicos	860,70 €	Resistencias Industriales
Resistencias 50W para modificación de prensa	148,00 €	Resistencias Industriales
Tapones de rosca inyectora	41,16 €	RIAT Industrial
Tornillería, brocas y machos	175,30 €	RS Components
Acople de casquillos 20mm	124,48 €	RS Components
Rodamientos D = 30mm	79,79 €	SP Industries
Eje trituradora 20mm - 28mm	- €	TEYDE
Máquina de corte por control numérico	648,12 €	V1 engineering
Piezas trituradora	140,00 €	Valmoldes
Eje hexagonal	250,00 €	Valmoldes
<b>TOTAL</b>	<b>3.564,88 €</b>	

**Materiales comprados en Mongo**

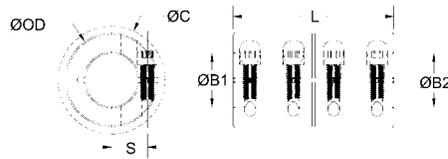
Concepto	Cantidad (EUR €)	Proveedor
Cubos de basura	30,53 €	Absa Adai
Motor de moto para trituradora	83,97 €	Atelier Oumar
Madera para molde	11,45 €	Carpintería de Mongo
Aluminio para reciclar	50,38 €	Chatarra de Mongo
Gasoil para grupo electrogenerador	91,60 €	Estación total
Chapa de aluminio	61,07 €	Forja de Monjo
Gasolina para pintar	1,53 €	Gas Mongo
Gato hidráulico 20 T	22,90 €	Park de Mongo
Perfiles cuadrados 25mm	48,85 €	Quincallerie Ahmat
Hierros planos de 2mm	24,43 €	Quincallerie Ahmat
Chapa de acero de 2mm para moldes	83,97 €	Quincallerie Ahmat
6 tubos 25mm	27,48 €	Quincallerie Ahmat
Contrachapado de madera	22,90 €	Quincallerie Ahmat
Pintura, brochas, cinta adhesiva	15,27 €	SOMO Quincallerie
Brocas, tornillos y Us	12,21 €	SOMO Quincallerie
Tubo 32mm, metro y nivel	12,21 €	SOMO Quincallerie
Cableado y protecciones para instalación eléctrica	183,21 €	SOMO Quincallerie
Material construcción molde de horno	12,21 €	SOMO Quincallerie
Tornillería y tuercas para moldes solares	18,32 €	SOMO Quincallerie
Herramientas varias (destornillador, martillo, alicates, etc.)	18,32 €	SOMO Quincallerie
<b>TOTAL</b>	<b>832,81 €</b>	

<b>Materiales comprados en Yamena</b>		
<b>Concepto</b>	<b>Cantidad (EUR €)</b>	<b>Proveedor</b>
Perfiles acero variados	132,82 €	Quincallerie du Way
Perfiles cuadrados 100x50	155,73 €	Quincallerie de la Mosquee
Tornillería y discos de corte	49,31 €	Boutique A. M. M.
Cables e interruptores	7,63 €	Electricité Generale Gassi
Gato hidráulico 16 T	21,37 €	Garage N'Djamena
<b>TOTAL</b>	<b>366,86 €</b>	

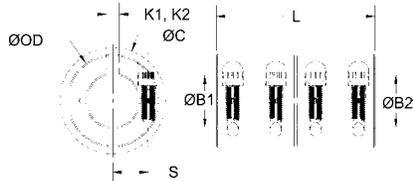
# ONE- AND TWO-PIECE RIGID COUPLINGS WITHOUT OR WITH KEYWAY • METRIC DIMENSION SERIES

# MCLX/MSPX MCLC/MSPC

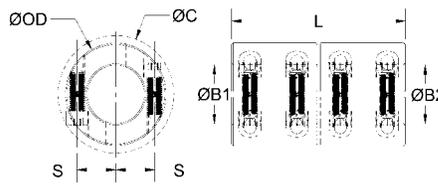
MCLX



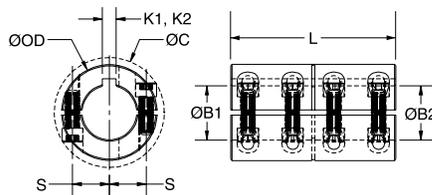
MCLC



MSPX



MSPC



- Does not mar the shaft.
- Precision honed bore on straight bore couplings.
- 3-piece styles available.
- Nypatch® Anti-vibration hardware.
- Opposing hardware on 2-piece styles.
- Additional sizes available.
- Bore tolerance: +.050 mm  
+.012 mm
- Maximum speed: 4,000 rpm

**PART NUMBER**

ONE-PIECE			TWO-PIECE		SPECIFICATIONS						
BLACK OXIDE STEEL	ALUMINUM	STAINLESS STEEL	BLACK OXIDE STEEL	STAINLESS STEEL	BORES B1, B2 (mm)	OD (mm)	LENGTH L (mm)	SCREW LOC. S (mm)	CLEARANCE DIAM. C (mm) MAX	KEYWAY K1, K2 (mm)	FORGED CLAMP SCREW
MCLX-3-3-F	MCLX-3-3-A	MCLX-3-3-SS	MSPX-3-3-F	MSPX-3-3-SS	3	15	22	4.6	15.0		M2
MCLX-4-4-F	MCLX-4-4-A	MCLX-4-4-SS	MSPX-4-4-F	MSPX-4-4-SS	4	15	22	4.6	15.0		M2
MCLX-5-5-F	MCLX-5-5-A	MCLX-5-5-SS	MSPX-5-5-F	MSPX-5-5-SS	5	15	22	4.6	15.0		M2
MCLX-6-6-F	MCLX-6-6-A	MCLX-6-6-SS	MSPX-6-6-F	MSPX-6-6-SS	6	18	30	5.9	21.5		M3
MCLX-8-8-F	MCLX-8-8-A	MCLX-8-8-SS	MSPX-8-8-F	MSPX-8-8-SS	8	24	35	9.0	27.1		M3
MCLX-10-10-F	MCLX-10-10-A	MCLX-10-10-SS	MSPX-10-10-F	MSPX-10-10-SS	10	29	45	10.6	33.0		M4
MCLX-12-12-F	MCLX-12-12-A	MCLX-12-12-SS	MSPX-12-12-F	MSPX-12-12-SS	12	29	45	10.6	33.0		M4
MCLX-14-14-F		MCLX-14-14-SS	MSPX-14-14-F	MSPX-14-14-SS	14	34	50	12.0	39.4		M5
MCLX-15-15-F		MCLX-15-15-SS	MSPX-15-15-F	MSPX-15-15-SS	15	34	50	12.0	39.4		M5
MCLX-16-16-F		MCLX-16-16-SS	MSPX-16-16-F	MSPX-16-16-SS	16	34	50	12.0	39.4		M5
MCLX-20-20-F		MCLX-20-20-SS	MSPX-20-20-F	MSPX-20-20-SS	20	42	65	15.4	48.9		M6
MCLX-25-25-F		MCLX-25-25-SS	MSPX-25-25-F	MSPX-25-25-SS	25	45	75	16.9	51.5		M6
MCLX-30-30-F		MCLX-30-30-SS	MSPX-30-30-F	MSPX-30-30-SS	30	53	83	20.9	58.7		M6
MCLX-35-35-F		MCLX-35-35-SS	MSPX-35-35-F	MSPX-35-35-SS	35	67	95	26.7	74.7		M8
MCLX-40-40-F		MCLX-40-40-SS	MSPX-40-40-F	MSPX-40-40-SS	40	77	108	31.8	84.0		M8
MCLX-50-50-F		MCLX-50-50-SS	MSPX-50-50-F	MSPX-50-50-SS	50	85	124	34.1	94.2		M10
MCLC-6-6-F		MCLC-6-6-SS	MSPC-6-6-F	MSPC-6-6-SS	6	18	30	5.9	21.5	2	M3
MCLC-8-8-F		MCLC-8-8-SS	MSPC-8-8-F	MSPC-8-8-SS	8	24	35	9.0	27.1	2	M3
MCLC-10-10-F		MCLC-10-10-SS	MSPC-10-10-F	MSPC-10-10-SS	10	29	45	10.6	33.0	3	M4
MCLC-12-12-F		MCLC-12-12-SS	MSPC-12-12-F	MSPC-12-12-SS	12	29	45	10.6	33.0	4	M4
MCLC-14-14-F		MCLC-14-14-SS	MSPC-14-14-F	MSPC-14-14-SS	14	34	50	12.0	39.4	5	M5
MCLC-15-15-F		MCLC-15-15-SS	MSPC-15-15-F	MSPC-15-15-SS	15	34	50	12.0	39.4	5	M5
MCLC-16-16-F		MCLC-16-16-SS	MSPC-16-16-F	MSPC-16-16-SS	16	34	50	12.0	39.4	5	M5
MCLC-20-20-F		MCLC-20-20-SS	MSPC-20-20-F	MSPC-20-20-SS	20	42	65	15.4	48.9	6	M6
MCLC-25-25-F		MCLC-25-25-SS	MSPC-25-25-F	MSPC-25-25-SS	25	45	75	16.9	51.5	8	M6
MCLC-30-30-F		MCLC-30-30-SS	MSPC-30-30-F	MSPC-30-30-SS	30	53	83	20.9	58.7	8	M6
MCLC-35-35-F		MCLC-35-35-SS	MSPC-35-35-F	MSPC-35-35-SS	35	67	95	26.7	74.7	10	M8
MCLC-40-40-F		MCLC-40-40-SS	MSPC-40-40-F	MSPC-40-40-SS	40	77	108	31.8	84.0	12	M8
MCLC-50-50-F		MCLC-50-50-SS	MSPC-50-50-F	MSPC-50-50-SS	50	85	124	34.1	94.2	14	M10

FOR ENGINEERING AND WARRANTY INFORMATION SEE [WWW.RULAND.COM](http://WWW.RULAND.COM)

## **Modèle de plan d'action pour l'atelier de recyclage de Foi et Joie Tchad**

### **I. Objectif**

La création du projet *PlasticLab Foi et Joie de Mongo* a pour objectif précis la mise en place d'un atelier de recyclage permettant de valoriser les déchets plastiques en objets à valeur ajoutée. Des objets commerciaux seront créés (en particulier, mais pas exclusivement, des meubles domestiques et scolaires) qui apporteront un bénéfice économique à l'atelier. Pour cela, il est nécessaire d'avoir une activité continue et quotidienne dans l'atelier, un système de collecte, de tri et de nettoyage des déchets plastiques, ainsi qu'une équipe chargée des ventes.

La création d'un système de recyclage dans un lieu sans gestion des déchets est cruciale pour améliorer la salubrité publique, préserver la dignité des habitants et protéger l'environnement. L'association Foi et Joie, à travers son réseau d'écoles, est un référent pour de nombreuses communautés en Guéra et peut devenir aussi une référence dans la protection de l'environnement, avec des actions concrètes et un impact réel. Des actions qui résolvent un problème évident et impliquent et sensibilisent les communautés. En même temps, cela crée des opportunités de formation, de revenus économiques et d'emploi; c'est une opportunité très importante qui est parfaitement alignée avec les valeurs et les objectifs de l'association.

### **II. Description du fonctionnement de l'atelier**

L'activité s'est déroulée régulièrement dans l'atelier depuis le mois de janvier, où différentes techniques opérationnelles ont été mises en œuvre selon le type de déchet à traiter et le produit que l'on souhaite fabriquer. Actuellement, l'atelier dispose d'une série de machines semi-industrielles qui sont décrites ci-dessous. De plus, cette liste inclut une série de techniques artisanales alternatives nécessitant moins de moyens matériels, qui ont été (ou sont en train d'être) testées, développées et optimisées au cours des mois précédents :

#### **A. Description des machines**

**Machine 1 : broyeuse:** découpe bidons de plastique ou grands morceaux pour le transformer en *pellets* préparées pour son recyclage. Capacité de broyer des déchets

plastiques en grains de **2 mm** préalablement lavés et coupés à un rythme de **10 kg/heure**. Elle fonctionne actuellement à plein régime.

**Machine 2 : Injecteur:** Cette machine est capable de fabriquer de **petites pièces avec des géométries complexes**, telles que le disque distributeur du semoir de la charrue améliorée ou des sommets pour la construction de structures de type dôme. D'autres moules pourraient être développés pour la production de décorations, de bijoux et d'autres petits objets. En théorie, il pourrait injecter des pièces dans des moules en aluminium à un rythme de 1 pièce/45 minutes. Cependant, en raison de problèmes avec l'utilisation de la machine, nous **n'obtenons pas de bons résultats** en termes de qualité des pièces injectées et nous continuons à travailler pour les améliorer.

**Machine 3 : Presse chauffante:** Cette machine sert à transformer les déchets en **feuilles de plastique de 100\*40 cm** et d'une épaisseur comprise entre 4 mm et 30 mm, qui servent de base pour la création de chaises, tables, panneaux, etc. C'est la machine que nous connaissons et utilisons le mieux en raison de la haute valeur ajoutée des pièces et de la quantité de plastique qu'elle est capable de traiter. Comme nous n'avons pas sa machine complémentaire (une presse à froid), sa capacité de production est faible : **1 feuille toutes les 3 heures**, car il faut chauffer, traiter et refroidir la machine avec le plastique à l'intérieur. **Avec une presse à froid**, nous pourrions augmenter la production à **1 feuille toutes les 45 minutes** (avec des opérateurs travaillant). Cela représenterait une grande amélioration de la productivité et une meilleure utilisation des dépenses énergétiques en diesel.

**Machine 4 : découpe à commande numérique (CNC):** Permet de découper avec une petite perceuse contrôlée par un bras automatisé une **figure ou un message préalablement conçu par ordinateur**. Après une phase de construction et de programmation ardue et complexe, la machine est opérationnelle. Elle peut tracer toutes sortes de dessins pour personnaliser des objets ou des messages pour la signalétique. En général, cela prend entre **2 et 10 minutes** pour effectuer le travail, selon la complexité du dessin. Avec l'arrivée de nouveaux forets de taille plus petites, nous espérons pouvoir graver dans des tailles plus petites afin de réaliser des cachets.

## **B. Description des techniques alternatives**

Ces méthodes de recyclage sont mieux adaptées aux environnements reculés ou sans électricité ont été développées, permettant ainsi à d'autres personnes d'accéder au recyclage :

**Technique 1 : Recyclage avec une parabole solaire:** Utilisation de paraboles solaires avec des moules compresseurs adaptés pour fabriquer des carreaux en plastique, du faux verre ou des éléments décoratifs. C'est une technique qui ne nécessite aucune source d'énergie et qui permet de recycler un grand nombre de sacs en plastique, qui est le plastique le mieux recyclable. Associée à la CNC, elle permet de créer des objets décoratifs très intéressants. Le rythme de production est d'environ 1 article par heure en période de fort ensoleillement.

**Technique 2 : Recyclage avec une presse à froid:** Nous avons également développé une technique qui imite la presse chauffante en deux étapes. Tout d'abord, le plastique est fondu dans une cuisinière à gaz, à bois ou à charbon, puis versé dans le moule qui exerce la pression et refroidit le plastique avec la forme du moule. Nous avons actuellement construit une presse avec la forme d'un dossier de chaise et nous envisageons d'en construire une seconde avec la forme de l'assise. La technique fonctionne bien, bien qu'elle nécessite encore des développements, et peut être réalisée n'importe où. Il est également possible de chauffer directement le moule sur la cuisinière (à condition que le moule soit entièrement métallique).

**Technique 3 : Production de briques avec du plastique en coffrage:** Une technique intéressante et jusqu'à présent non explorée. Avec la presse à briques que nous avons déjà à FeJ, il est possible de réaliser un mélange d'argile, de ciment et de plastique (sale et non séparé) pour créer des briques de construction. Selon la littérature, il s'agit de briques ayant d'excellentes propriétés mécaniques (plus de flexibilité et moins de dureté) et surtout de très bonnes propriétés isolantes (30 % de plus qu'une brique conventionnelle). C'est une technique qui ne nécessite pas d'électricité, sauf pour le broyage du matériau.

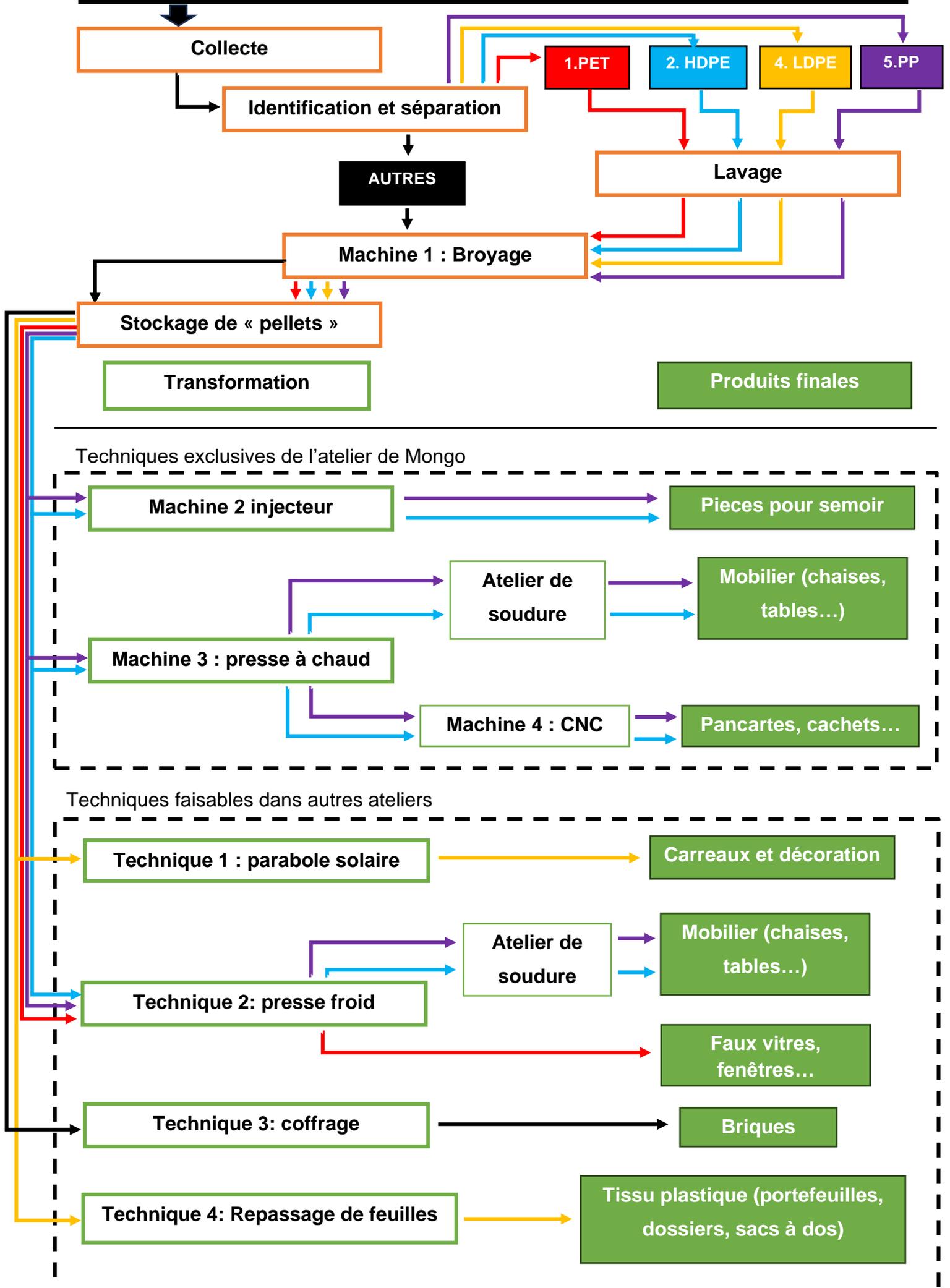
**Technique 4 : Repassage des feuilles de HDPE :** Il est possible de repasser des sacs en plastique les uns sur les autres, obtenant ainsi un tissu plastique résistant et durable qui peut être cousu pour fabriquer des portefeuilles, des sacs ou des sacs à

dos. Cette technique a été testée à plusieurs reprises, mais n'a pas été développée de manière efficace en raison du manque de personnel. (pourrait être intéressant pour les femmes au villages)

### III. Analyser la situation

<b>Synthèse SWOT</b>	
<p><b>Forces :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- On dispose de machines qui ont été testées et qui fonctionnent.</li> <li>- Des prototypes de produits attractifs pour le marché ont été produits, de bonne qualité et à des coûts raisonnables.</li> <li>- Le personnel engagé dans le projet est compétent et connaît bien les machines.</li> <li>- Il s'agit d'une technologie innovante dans la région.</li> <li>- L'objectif du projet est d'intérêt général et public.</li> </ul>	<p><b>Faiblesses :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Un rythme de travail constant n'a pas encore été atteint.</li> <li>- On ne dispose pas d'une équipe pour la collecte de plastique.</li> <li>- Le personnel est en sous-effectif et a d'autres occupations.</li> <li>- Pour le moment, la fabrication des produits a requis un temps excessif.</li> </ul>
<p><b>Opportunités :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Le réseau d'écoles peut fonctionner comme des points de collecte et générer des revenus.</li> <li>- Il n'y a pas de concurrence sur le marché du recyclage.</li> <li>- Un grand nombre d'organisations et d'institutions sont intéressées par ce sujet (possibles collaborations).</li> <li>- Inclure cette activité dans un concours de projets peut être très bénéfique pour les concours de financement auxquels participe Foi et Joie en raison de son innovation, singularité et impact.</li> </ul>	<p><b>Menaces :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La rupture de la chaîne de collecte et de fourniture de plastique.</li> <li>- Produire à un coût élevé et ne pas trouver sa place sur le marché.</li> <li>- La forte dépendance de la continuité du projet aux trois membres actuels.</li> </ul>

# Déchets plastiques



#### **IV. Définir les actions à mener**

Les actions concrètes à suivre pour atteindre le maximum de potentiel de fonctionnement de ce projet sont les suivantes :

1. Reprendre les activités quotidiennes au PlasticLab de Mongo, en établissant un horaire hebdomadaire afin de finaliser la mise au point des techniques et des machines énumérées ci-dessus.

Pour cela, une réunion devra être organisée avec les travailleurs actuels du projet, ainsi qu'avec les responsables de Foi et Joie, afin d'évaluer les horaires disponibles de chacun, et leur compatibilité avec les activités quotidiennes de l'organisation.

2. Nommer un responsable de Foi et Joie, qui sera un interlocuteur direct avec les travailleurs du laboratoire. De plus, établir un organigramme des responsabilités au sein des activités du PlasticLab.

3. Augmenter les rythmes de production des différentes machines, notamment la presse de chaleur, afin d'atteindre des niveaux de fabrication élevés pour le mobilier, avec pour objectif de fabriquer au moins cinq chaises par jour.

Pour cela, en plus d'améliorer certaines des techniques déjà en cours, il est proposé de construire une seconde presse de grande taille, mais sans système de chauffage. Cela permettrait d'économiser les temps de chauffage et de refroidissement de la machine en appliquant le rythme de production actuel. Pour cela, il sera nécessaire de fabriquer de nouveaux moules de différentes épaisseurs. Il faut analyser et choisir une parmi les différents possibilités de financement disponibles.

4. Créer un catalogue final avec les principaux produits que nous sommes capables de fabriquer, leur coût de fabrication et leur prix de vente.

Avec la direction du projet, évaluer tous les modèles actuellement fabriqués et prioriser ceux qui sont les plus intéressants pour le marché et les clients potentiels du projet. Pour effectuer une analyse des coûts et des prix, un programme informatique a été créé pour calculer les différentes données pertinentes en évaluant tous les coûts

(essence, personnel, matériaux, plastiques...) et obtenir les prix de vente finaux avec la marge souhaitée.

5. Augmenter le nombre de personnes formées à l'utilisation des machines. Peut-être impliquer les élèves du Lycée FeJ de Mongo dans l'équipe (certains ont montré beaucoup d'intérêt).

À cette fin, il est proposé d'organiser une nouvelle formation en recherchant des profils plus techniques (pas nécessairement avec une formation académique, voire des élèves du collège) afin d'augmenter l'équipe de travail à au moins cinq personnes.

6. Mettre en place un système de collecte, de tri et de lavage des déchets plastiques. Une des possibilités est de coordonner les associations de parents d'élèves des différents collèges, afin d'établir des points de collecte, de tri et de lavage dans différents villages de Guéra, liés aux écoles de Foi et Joie.

Pour cela, il existe de nombreuses possibilités, bien que cela nécessite une perspective et un dialogue institutionnel plus large que nous pouvons discuter. De l'achat des déchets à certains collecteurs isolés, à l'établissement d'une relation avec la mairie de Mongo, il est également possible de collaborer avec d'autres organisations (par exemple, des associations de personnes handicapées) ainsi que de mobiliser les parents d'élèves pour mettre en place un système dans les écoles.

## **V. ---Prioriser les actions**

La tâche prioritaire actuellement est de reprendre les activités au PlasticLab de Mongo, en établissant une relation de dialogue et de travail entre les collaborateurs et travailleurs actuels du projet, et les responsables de Foi et Joie, afin d'assurer la bonne marche du projet futur. À partir de là, la figure de Carlos Ruiz sera moins indispensable, et le projet sera préparé à continuer après sa marche.

Une fois cette point est claire l'élément le plus important sera d'augmenter le rythme de production pour atteindre les normes propres à un atelier.

Enfin, comme dernière priorité, analyser toutes les possibilités de collaboration disponibles pour réaliser la collecte, le tri et le lavage des plastiques, afin de définir un plan d'action en ce sens.

## **VI. Affecter les rôles et responsabilités**

Responsable du projet et volontaire de Foi et Joie

**Monsieur Carlos Ruiz** : l'ingénieur espagnol a été responsable de la création et du développement du projet tout au long de l'année dernière, ainsi que de l'obtention du financement des machines par le biais de la Fondation des Ingénieurs de l'ICAI et de la construction de l'atelier. Étant donné son départ imminent au mois de septembre, il est de la plus haute importance de le remplacer dans son rôle au sein de l'équipe.

Ci-dessous sont énumérés les collaborateurs externes de Foi et Joie qui collaborent avec le projet.

**Monsieur Mahamat Kalou** : diplômé en ingénierie, il travaille actuellement comme fonctionnaire au sein du système éducatif. C'est un homme capable, créatif, avec un œil critique et plein de ressources. Il possède des connaissances suffisantes en électricité et en électronique pour assurer un entretien adéquat des machines. À l'avenir, il semble être le candidat le plus approprié pour diriger l'équipe.

**Monsieur Abel Moustapha** : étudiant en ingénierie à l'Université Polytechnique de Mongo. Il a collaboré aux activités du PlasticLab depuis la construction des machines en juillet 2023. Il a démontré un grand engagement envers le projet et des compétences suffisantes pour opérer correctement les machines ainsi que pour proposer des idées intelligentes et innovantes sur les produits qui peuvent être réalisés avec elles. En raison de son rôle d'étudiant, sa disponibilité horaire est limitée.

**Monsieur Mahamat Abdelkarim** : soudeur qui travaille régulièrement pour Foi et Joie. Il a été très impliqué dans la création des machines durant les mois de juillet et août 2023. Il connaît bien leur structure et leur fonctionnement et en cas de réparation mécanique, il sera la personne la plus appropriée pour les réparer. Il a également fait partie de l'équipe lorsque la fabrication de mobilier a commencé, nous aidant dans la création des structures des chaises et dans la fabrication des meubles en général.

## **VII. Identifier les ressources nécessaires**

Les principales ressources nécessaires pour atteindre le rendement souhaité de l'atelier sont :

L'autorisation de reprendre les activités dans l'atelier, avec l'équipe complète, ainsi qu'une relation formelle entre les responsables de Foi et Joie et Messieurs Mahamat Kalou et Abel Moustapha.

Une petite extension de l'équipe avec deux ou trois profils de formation technique.

La disponibilité d'un ordinateur pour contrôler la machine de découpe numérique afin de réaliser des travaux de sérigraphie et de gravure (nous disposons déjà de forets de petit calibre pour travailler des pièces fines comme des tampons).

Pour augmenter la capacité de production de l'atelier, un investissement d'environ 350 000 FCFA est nécessaire. Cet investissement servira à l'achat des matériaux nécessaires pour fabriquer une grande presse froide, à la fabrication d'au moins six moules de différentes épaisseurs (6-15mm) et à l'achat de 20 litres d'essence pour une semaine de travail à l'atelier. Par conséquent, nous devons rechercher de nouvelles sources de financement.

Il serait également souhaitable d'organiser des journées de formation pour attirer de nouveaux collaborateurs formés pour notre projet.

Il existe d'autres ressources et activités qui pourront être réalisées, notamment celles liées à la collecte des déchets et aux relations avec les communautés. Cependant, il est nécessaire de réaliser une évaluation conjointe avec l'équipe de Foi et Joie pour aborder cette dimension.

## **VIII. ---Etablir un planning**

Les objectifs concrets pour les six prochains mois sont décrits ci-dessous.

### **Juillet :**

- Reprendre les activités dans l'atelier.
- Résoudre de petits problèmes sur la machine d'injection, développer les techniques de coffrage.
- Fabriquer au moins 4 chaises de qualité marchande.
- Réaliser une formation.
- Former les membres de l'équipe à l'utilisation de la machine CNC.
- Réaliser au moins 2 panneaux sérigraphiés avec la machine CNC.

**Août :**

- Fabriquer une grande presse froide et de nouveaux moules.
- Choisir les produits et techniques sur lesquels se concentrer jusqu'à la fin de l'année 2024.
- Commencer la mise en place d'un système de collecte.
- Fabriquer au moins 12 chaises de qualité marchande.
- Fabriquer au moins 8 panneaux de qualité marchande.

**Septembre :**

- Définir complètement la nouvelle équipe, les rôles et les responsabilités, nommer les responsables des différentes techniques et machines.
- Commencer à travailler de manière économiquement autonome (autofinancement).
- Atteindre un rythme de production d'au moins [insérer nombre] plaques par jour de travail.

**Octobre-Novembre-Décembre:**

- Avoir mis en place un système de collecte solide et indépendant.
- Avoir fabriqué au moins 100 chaises/tables avec une valeur marchande totale de 1.500.000 FCFA.
- Réaliser des campagnes de sensibilisation sur les dangers de la combustion des plastiques et les avantages du recyclage.
- Avoir une équipe à plein rendement.
- Prévoir l'extension des systèmes de collecte à au moins 2 écoles de FeJ dans d'autres zones de Guèra.

- Établir des relations avec d'autres organisations.
- Inclure les activités de l'atelier dans le contexte éducatif de FeJ, soit comme formation pour la RG21+ soit comme matière pratique du collègue.

**À partir de 2025 :**

- Évaluation de la première année de projet.
- Planification de l'année 2026.

**IX. ---Évaluer et adapter son plan**

Il est important ici de laisser la place à l'imprévu lors de l'élaboration d'un plan d'action.

Il est nécessaire d'être flexible et de ne pas rester figer dans son plan.

**Conclusion**

Le plan d'action d'un projet reste essentiel, car il vous permet de mieux préciser les objectifs, d'anticiper les différentes activités et de savoir comment les dérouler de façon chronologique.

Il favorise une meilleure compréhension du projet et sert à faire le point sur l'ensemble des ressources dont vous aurez besoin.

Ce plan d'action va aussi permettre de faciliter le suivi de ce projet.

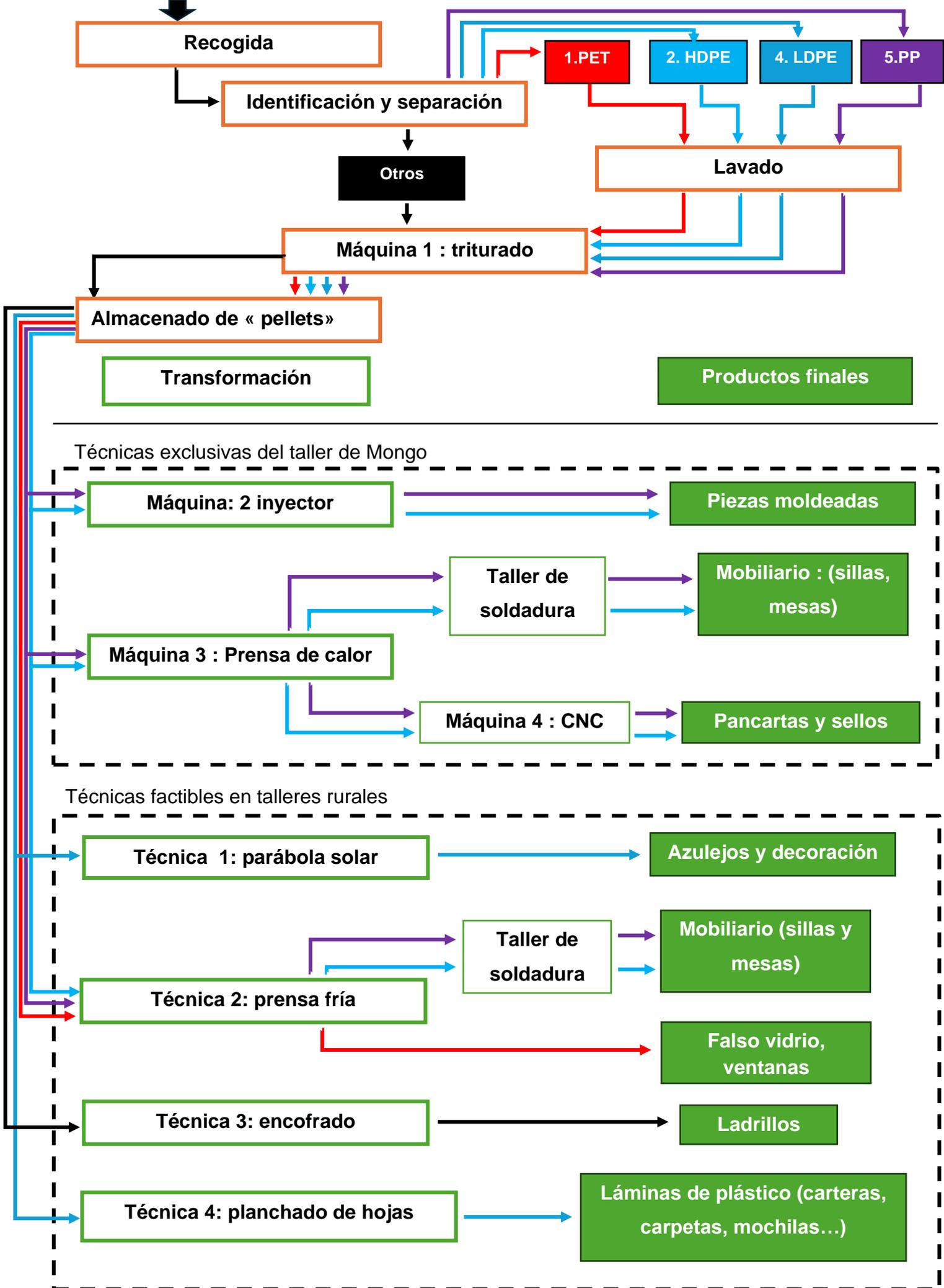
## Annexe: budget année 2024

Lista de compras Taller reciclaje Chad 2023/2024				
Producto	Vendedor	Precio FCFA	Precio €	Pagado por:
<b>ESPAÑA</b>	<b>TOTAL</b>	<b>2,598,304 F CFA</b>	<b>3,966.88 €</b>	
Chapas de acero perforado	Leroy Merlin	47,265 F CFA	72.16 €	Fundación ICAI
Tappones de rosca inyectora	RIAT Industrial	26,960 F CFA	41.16 €	Fundación ICAI
Reductor diámetro	DIAMOND BFG	21,595 F CFA	32.97 €	Fundación ICAI
Rodamientos D=30mm	SP Industires	52,262 F CFA	79.79 €	Fundación ICAI
Componentes electrónicos	Resistencias Industriales	563,759 F CFA	860.70 €	Fundación ICAI
Tornillería, brocas y machos	RS Components	114,822 F CFA	175.30 €	Fundación ICAI
Piezas trituradors	Valmondés	91,700 F CFA	140.00 €	Fundación ICAI
Eje hexagonal	Valmondés	163,750 F CFA	250.00 €	Fundación ICAI
Motor eléctrico Trifásico 1.5 KW + reductora	RCA Sistemas eléctricos SL	244,105 F CFA	372.68 €	Fundación ICAI
Aceite desmoldante de silicona	Leroy Merlin	41,324 F CFA	63.09 €	Fundación ICAI
Máscaras de seguridad/Taladro y lijadora	Leroy Merlin	164,529 F CFA	251.19 €	Fundación ICAI
Termómetro digital	Amazon	13,100 F CFA	20.00 €	Fundación ICAI
Máquina de corte por control numérico	V1 engineering	424,519 F CFA	648.12 €	Fundación ICAI
Impuestos de importación CNC	Correos	112,660 F CFA	172.00 €	Fundación ICAI
Eje trituradora 20mm-28mm	TEYDE	0 F CFA	0.00 €	Fundación ICAI
Brocas de corte y controles de temperatura	Amazon	79,176 F CFA	120.88 €	Fundación ICAI
Tasas transporte material	Air France	150,650 F CFA	230.00 €	Fundación ICAI
Acople de casquillos 20mm	RS Components	81,532 F CFA	124.48 €	Fundación ICAI
Mascarilla + tomas eléctricas y setas trifásicas	Amazon	44,134 F CFA	67.38 €	Fundación ICAI
Tijeras plástico y cabezas fresa	Amazon	39,955 F CFA	61.00 €	Fundación ICAI
Resistencias 50 W para modificación de prensa	Resistencias Industriales	96,940 F CFA	148.00 €	Fundación ICAI
Rodamientos D=20 mm y chavetas	Amazon	23,567 F CFA	35.98 €	Fundación ICAI
<b>N'DJAMENA</b>	<b>TOTAL</b>	<b>240,300 F CFA</b>	<b>366.87 €</b>	
Perfiles metálicos variados	Quincallerie du Way	87,000 F CFA	132.82 €	Fundación ICAI
Perfiles cuadrados 100x50	Quincallerie de la Monquee	102,000 F CFA	155.73 €	Fundación ICAI
Tornillería y discos de corte	Boutique A.M.M	32,300 F CFA	49.31 €	Fundación ICAI

Cables e interruptores	Electricité Generale Gassi	5,000 F CFA	7.63 €	Fundación ICAI
Gato hidráulico 16 T	Garage N'Djamena	14,000 F CFA	21.37 €	Fundación ICAI
<b>MONGO</b>	<b>TOTAL</b>	<b>881,500 F CFA</b>	<b>1,345.80 €</b>	
Aluminio para reciclar	Chatarra de Mongo	33,000 F CFA	50.38 €	Fundación ICAI
Madera para Molde	Carpintería de Mongo	7,500 F CFA	11.45 €	Fundación ICAI
Pintura+brochas+cinta adhesiva	SOMO Quincallerie	10,000 F CFA	15.27 €	Fundación ICAI
Brocas y tornillos y Us	SOMO Quincallerie	8,000 F CFA	12.21 €	Fundación ICAI
Perfiles cuadrados 25 mm	Quincallerie Ahmat	32,000 F CFA	48.85 €	Fundación ICAI
Hierros planos de 2mm	Quincallerie Ahmat	16,000 F CFA	24.43 €	Fundación ICAI
Tubo 32mm + metro + nivel	SOMO Quincallerie	8,000 F CFA	12.21 €	Fundación ICAI
Motor de moto para trituradora	Atelier Oumar	55,000 F CFA	83.97 €	Fundación ICAI
Trabajo de Forja	Herreros de Mogo	45,000 F CFA	68.70 €	Fundación ICAI
Gato hidráulico 20 T	Park de Mongo Communaite	15,000 F CFA	22.90 €	Fundación ICAI
Location Visites	Jesuites de Mongo	44,000 F CFA	67.18 €	Fundación ICAI
Gasolina para pintar	Gas mongo	1,000 F CFA	1.53 €	Carlos
Chapa de aluminio	Forja de Mongo	40,000 F CFA	61.07 €	Fundación ICAI
Fabricación molde hexágono y pentágono	Forja de Baro (Thomas Redmaji)	30,000 F CFA	45.80 €	Fundación ICAI
Fabricación molde disco sembrador	Forja de Baro (Thomas Redmaji)	20,000 F CFA	30.53 €	Fundación ICAI
Salario Soldador	Mahamat Abdelkerime	100,000 F CFA	152.67 €	Fundación ICAI
Factura FeJ por el uso del taller en verano	Foi et Joie. Tchad	80,000 F CFA	122.14 €	Fundación ICAI
Cableado y protecciones para instalación eléctrica	SOMO Quincallerie	120,000 F CFA	183.21 €	Fundación ICAI
Chapa de accero de 2mm para. Moldes	Quincallerie Ahmat	55,000 F CFA	83.97 €	RG21+
6 Tubos 25 mm	Quincallerie Ahmat	18,000 F CFA	27.48 €	Fundación ICAI

Contraplaqué de madera	Quincallerie Ahmat	15,000 F CFA	22.90 €	Fundación ICAI
Material para construcción de molde de horno	Quincallerie SOMO	8,000 F CFA	12.21 €	Fundación ICAI
Gasoil para grupo electrogenerador	Estacion Total	60,000 F CFA	91.60 €	
Tornillería y tuercas para moldes solares	SOMO Quincallerie	12,000 F CFA	18.32 €	Fundación ICAI
Cubos de basura	Absa Adai	20,000 F CFA	30.53 €	Fundación ICAI
Herramientas varias (destornillador, martillo, alicates...)	SOMO Quincallerie	12,000 F CFA	18.32 €	Fundación ICAI
Lavado de plástico reciclado	Mujer de mongo	6,000 F CFA	9.16 €	Fundación ICAI
Envío y registro pasaportes	Policía de Mongo	11,000 F CFA	16.79 €	Fundación ICAI
<b>TOTAL</b>		<b>3,720,104 F CFA</b>	<b>5,679.55 €</b>	

# Desechos plásticos





<b>COSTOS DIRECTOS</b>	
<b>Concepto</b>	<b>Cantidad (EUR €)</b>
Materiales comprados en España	3.564,88 €
Materiales comprados en Yamena (Chad)	366,86 €
Materiales comprados en Mongo (Chad)	832,81 €
Transporte Material España - Chad	418,79 €
Mano de Obra local (Mongo)	306,86 €
Alquiler taller Foi et Joie (Mongo)	122,14 €
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>	<b>5.612,34 €</b>

COSTOS INDIRECTOS		
Concepto	Cantidad (EUR €)	Columna1
Trabajo voluntario Carlos Ruiz, Carlo Sanjuan y Joaquín Rubio) 504hx 14,62€/h	7.368,48 € -	
Alojamiento y comida	67,18 €	Jesuites de Mongo
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>	<b>7.435,66 €</b>	

**Alquiler de taller Foi et Joie (Mongo)**

<b>Concepto</b>	<b>Cantidad (EUR €)</b>	<b>Proveedor</b>
Factura Foi et Joie uso taller en verano	122,14 €	Foi et Joie Tchad
<b>TOTAL</b>	<b>122,14 €</b>	

<b>Mano de obra local (Mongo)</b>		
<b>Concepto</b>	<b>Cantidad (EUR €)</b>	<b>Proveedor</b>
Trabajos de forja	68,70 €	Herreros de Mongo
Salario soldador	152,67 €	Mahamat Abdelkerime
Lavado plástico reciclado	9,16 €	Mujer de Mongo
Fabricación molde hexágono y pentágono	45,80 €	Forja de Baro (Thomas Redmaji)
Fabricación molde disco sembrador	30,53 €	Forja de Baro (Thomas Redmaji)
<b>TOTAL</b>	<b>306,86 €</b>	

**Transporte material España - Chad**

<b>Concepto</b>	<b>Cantidad (EUR €)</b>	<b>Proveedor</b>
Tasas transporte material	230,00 €	Air France
Impuestos de importación CNC	172,00 €	Correos
Envío y registro pasaportes	16,79 €	Policía de Mongo
<b>TOTAL</b>	<b>418,79 €</b>	

<b>Materiales comprados en España</b>		
<b>Concepto</b>	<b>Cantidad (EUR €)</b>	<b>Proveedor</b>
Termómetro digital	20,00 €	Amazon
Brocas de corte y controles de temperatura	120,88 €	Amazon
Mascarilla, tomas eléctricas y setas trifásicas	67,38 €	Amazon
Tijeras de plástico y cabezas fresa	61,00 €	Amazon
Rodamientos D = 20mm y chavetas	35,98 €	Amazon
Reductor de diámetro	32,97 €	DIAMOND BFG
Chapas de acero perforado	72,16 €	Leroy Merlin
Aceite desmoldante de silicona	63,09 €	Leroy Merlin
Máscaras de seguridad, taladro y lijadora	251,19 €	Leroy Merlin
Motor eléctrico trifásico 1,5 kW y reductora	372,68 €	RCA Sistemas eléctricos SL
Componentes electrónicos	860,70 €	Resistencias Industriales
Resistencias 50W para modificación de prensa	148,00 €	Resistencias Industriales
Tapones de rosca inyectora	41,16 €	RIAT Industrial
Tornillería, brocas y machos	175,30 €	RS Components
Acople de casquillos 20mm	124,48 €	RS Components
Rodamientos D = 30mm	79,79 €	SP Industries
Eje trituradora 20mm - 28mm	- €	TEYDE
Máquina de corte por control numérico	648,12 €	V1 engineering
Piezas trituradora	140,00 €	Valmoldes
Eje hexagonal	250,00 €	Valmoldes
<b>TOTAL</b>	<b>3.564,88 €</b>	

**Materiales comprados en Mongo**

Concepto	Cantidad (EUR €)	Proveedor
Cubos de basura	30,53 €	Absa Adai
Motor de moto para trituradora	83,97 €	Atelier Oumar
Madera para molde	11,45 €	Carpintería de Mongo
Aluminio para reciclar	50,38 €	Chatarra de Mongo
Gasoil para grupo electrogenerador	91,60 €	Estación total
Chapa de aluminio	61,07 €	Forja de Monjo
Gasolina para pintar	1,53 €	Gas Mongo
Gato hidráulico 20 T	22,90 €	Park de Mongo
Perfiles cuadrados 25mm	48,85 €	Quincallerie Ahmat
Hierros planos de 2mm	24,43 €	Quincallerie Ahmat
Chapa de acero de 2mm para moldes	83,97 €	Quincallerie Ahmat
6 tubos 25mm	27,48 €	Quincallerie Ahmat
Contrachapado de madera	22,90 €	Quincallerie Ahmat
Pintura, brochas, cinta adhesiva	15,27 €	SOMO Quincallerie
Brocas, tornillos y Us	12,21 €	SOMO Quincallerie
Tubo 32mm, metro y nivel	12,21 €	SOMO Quincallerie
Cableado y protecciones para instalación eléctrica	183,21 €	SOMO Quincallerie
Material construcción molde de horno	12,21 €	SOMO Quincallerie
Tornillería y tuercas para moldes solares	18,32 €	SOMO Quincallerie
Herramientas varias (destornillador, martillo, alicates, etc.)	18,32 €	SOMO Quincallerie
<b>TOTAL</b>	<b>832,81 €</b>	

<b>Materiales comprados en Yamena</b>		
<b>Concepto</b>	<b>Cantidad (EUR €)</b>	<b>Proveedor</b>
Perfiles acero variados	132,82 €	Quincallerie du Way
Perfiles cuadrados 100x50	155,73 €	Quincallerie de la Mosquee
Tornillería y discos de corte	49,31 €	Boutique A. M. M.
Cables e interruptores	7,63 €	Electricité Generale Gassi
Gato hidráulico 16 T	21,37 €	Garage N'Djamena
<b>TOTAL</b>	<b>366,86 €</b>	

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

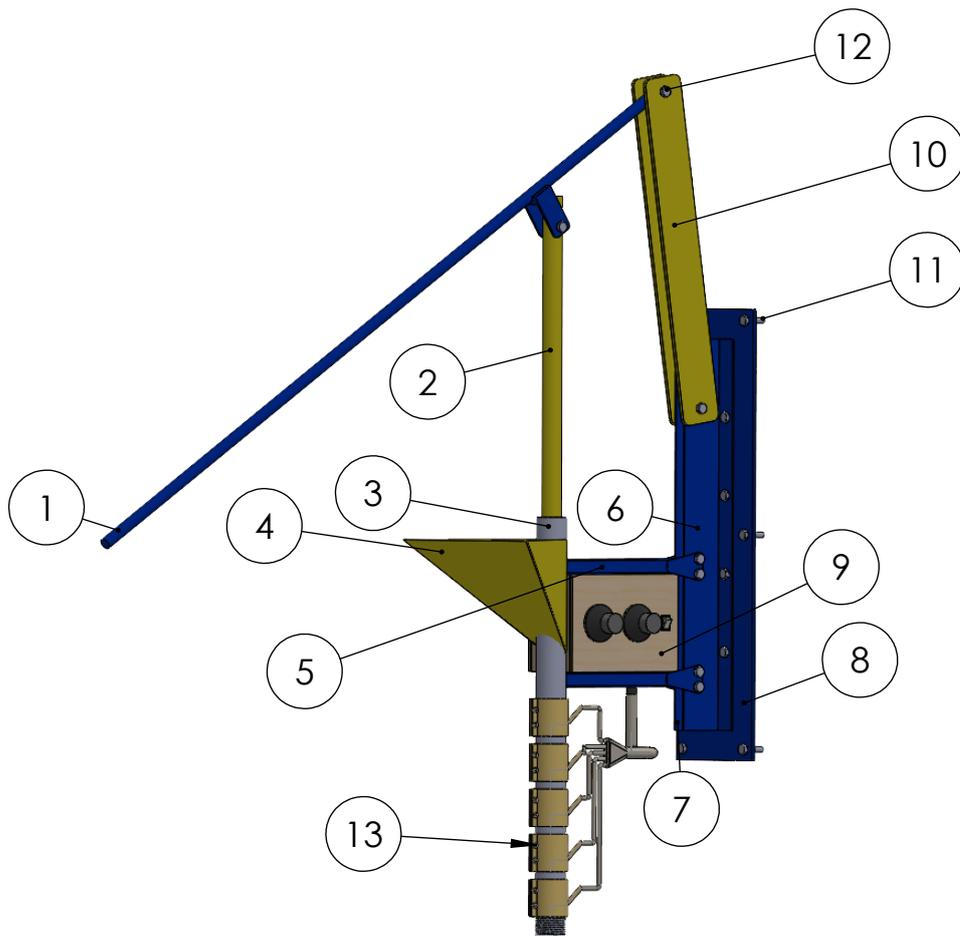
C

B

B

A

A



15	TUERCA M4		10
14	TUERCA M8		6
13	TORNILLO M4X20		10
12	TORNILLO M8X50		6
11	TORNILLO M8X30		14
10	PLETINA ESTRUCTURAL	01-10	2
9	CAJA ELECTRÓNICA	01-09	1
8	SOPORTE PARED	01-08	1
7	ANCLAJE PARED IZQUIERDO	01-07	1
6	ANCLAJE PARED DERECHO	01-06	1
5	SOPORTE LATERAL	01-05	2
4	EMBUDO COLECTOR	01-04	2
3	TUBO CONDUCTOR	01-03	1
2	TUBO EMPUJADOR	01-02	1
1	PALANCA	01-01	1
<b>Nº ITEM</b>	<b>NOMBRE PIEZA</b>	<b>COD.</b>	<b>CANT.</b>

TOLERANCIA:

ISO 2768 - c

FORMATO:  
A4

TÍTULO SUPLEMENTARIO:

INYECTORA

NOMBRE:

FECHA:

TÍTULO:

ENSAMBLAJE INYECTORA

DIBUJ.

JOAQUÍN RUBIO FERNÁNDEZ

04/12/2024

VERIF.

CARLOS RUIZ DIEZ

06/12/2024

ESCALA:

1:10

FIRMA:

JRF

COLEGIO INGENIEROS ICAI

CÓDIGO:

01-00-00

4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

C

B

B

A

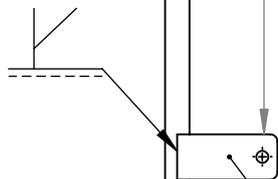
A

1

2

250

PLETINAS SOLDADAS A AMBOS LADOS DEL TUBO



2	PLETINA PALANCA	01-01-02	2
1	TUBO PALANCA	01-01-01	1
Nº ITEM	NOMBRE PIEZA	COD.	CANT.

MATERIAL:	ACERO	FORMATO:	A4
TOLERANCIA:	ISO 2768 - m		
NOMBRE:		FECHA:	
DIBUJ.	JOAQUÍN RUBIO FERNÁNDEZ	04/12/2024	
VERIF.	CARLOS RUIZ DIEZ	06/12/2024	
ESCALA:	FIRMA:		
1:5	JRF		

TÍTULO SUPLEMENTARIO:	INYECTORA
TÍTULO:	ENSAMBLAJE PALANCA
COLEGIO INGENIEROS ICAI	CÓDIGO: 01-01

4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

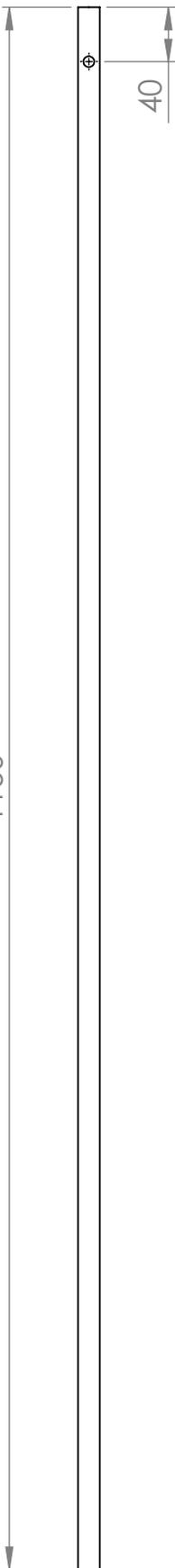
C

B

B

A

A



TUBO MACIZO Ø16  
 AGUJERO Ø8 PASANTE

MATERIAL:	ACERO	FORMATO:		TÍTULO SUPLEMENTARIO:	INYECTORA
TOLERANCIA:		A4		TÍTULO:	TUBO PALANCA
NOMBRE:		FECHA:		COLEGIO INGENIEROS ICAI	
DIBUJ.	JOAQUÍN RUBIO FERNÁNDEZ	04/12/2024			
VERIF.	CARLOS RUIZ DIEZ	06/12/2024			
ESCALA:	FIRMA:	CÓDIGO:		01-01-01	
1:5	JRF				

4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

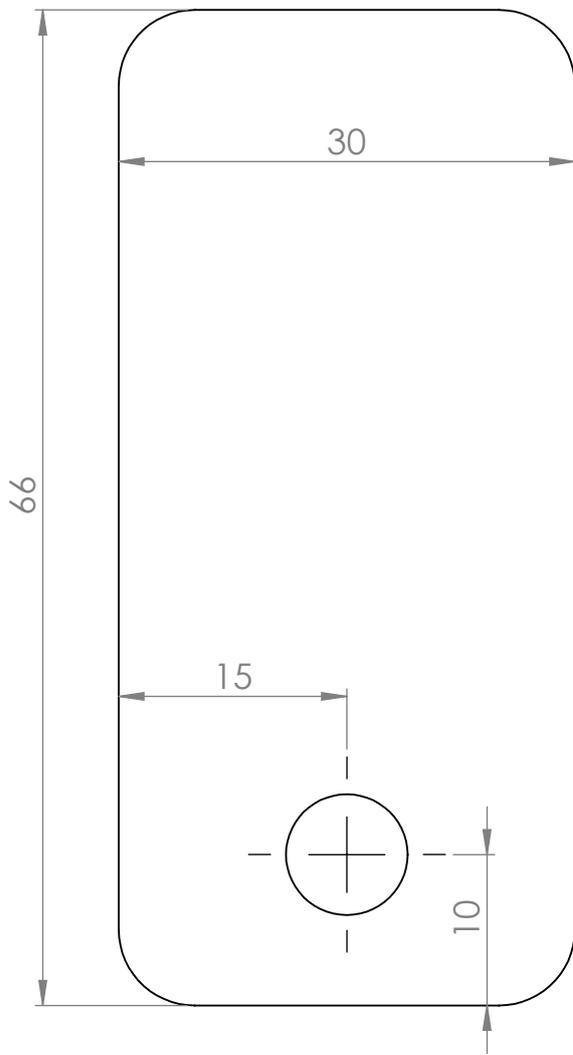
C

B

B

A

A



AGUJERO PASANTE Ø8  
 TODOS LOS REDONDEOS R5  
 ESPESOR 3

MATERIAL:	ACERO	FORMATO:		TÍTULO SUPLEMENTARIO:	INYECTORA
TOLERANCIA:		A4		TÍTULO:	PLETINA PALANCA
NOMBRE:	JOAQUÍN RUBIO FERNÁNDEZ	FECHA:	04/12/2024		
DIBUJ.:	JOAQUÍN RUBIO FERNÁNDEZ	VERIF.:	CARLOS RUIZ DIEZ		
ESCALA:	2:1	FIRMA:	JRF	COLEGIO INGENIEROS ICAI	CÓDIGO: 01-01-02

4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

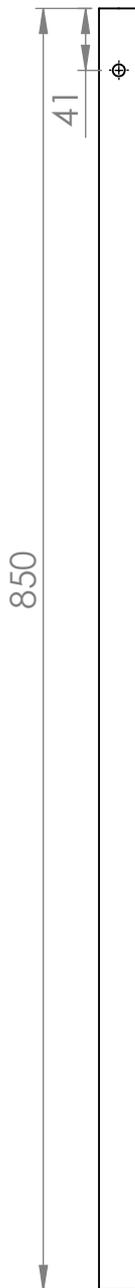
D

C

C

B

B



TUBO MACIZO  $\varnothing 26$   
 AGUJERO PASANTE  $\varnothing 8$

A

A

MATERIAL:	ACERO	FORMATO:		TÍTULO SUPLEMENTARIO:	INECTORA
TOLERANCIA:		A4		TÍTULO:	TUBO EMPUJADOR
NOMBRE:		FECHA:			
DIBUJ.	JOAQUÍN RUBIO FERNÁNDEZ	04/12/2024			
VERIF.	CARLOS RUIZ DIEZ	06/12/2024			
ESCALA:	FIRMA:	JRF		COLEGIO INGENIEROS ICAI	CÓDIGO: 01-02
1:5					

4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

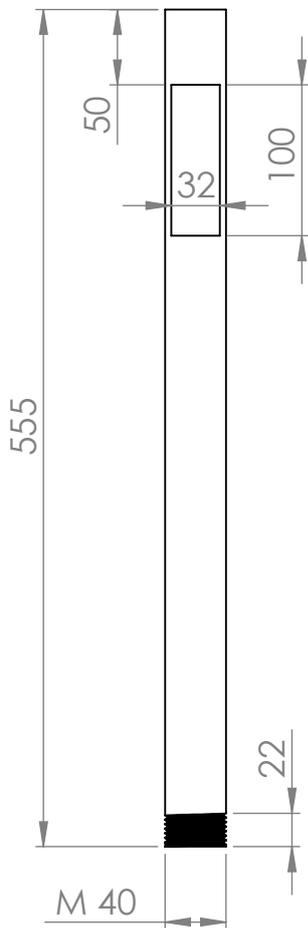
C

B

B

A

A



TUBO HUECO ØEXT 40/ Ø INT 32

MATERIAL:	ACERO	FORMATO:		TÍTULO SUPLEMENTARIO:	INYECTORA
TOLERANCIA:		A4		TÍTULO:	TUBO CONDUCTOR
NOMBRE:		FECHA:		COLEGIO INGENIEROS ICAI	
DIBUJ. JOAQUÍN RUBIO FERNÁNDEZ		04/12/2024			
VERIF. CARLOS RUIZ DIEZ		06/12/2024			
ESCALA:	FIRMA:			CÓDIGO:	01-03
1:5	JRF				

4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

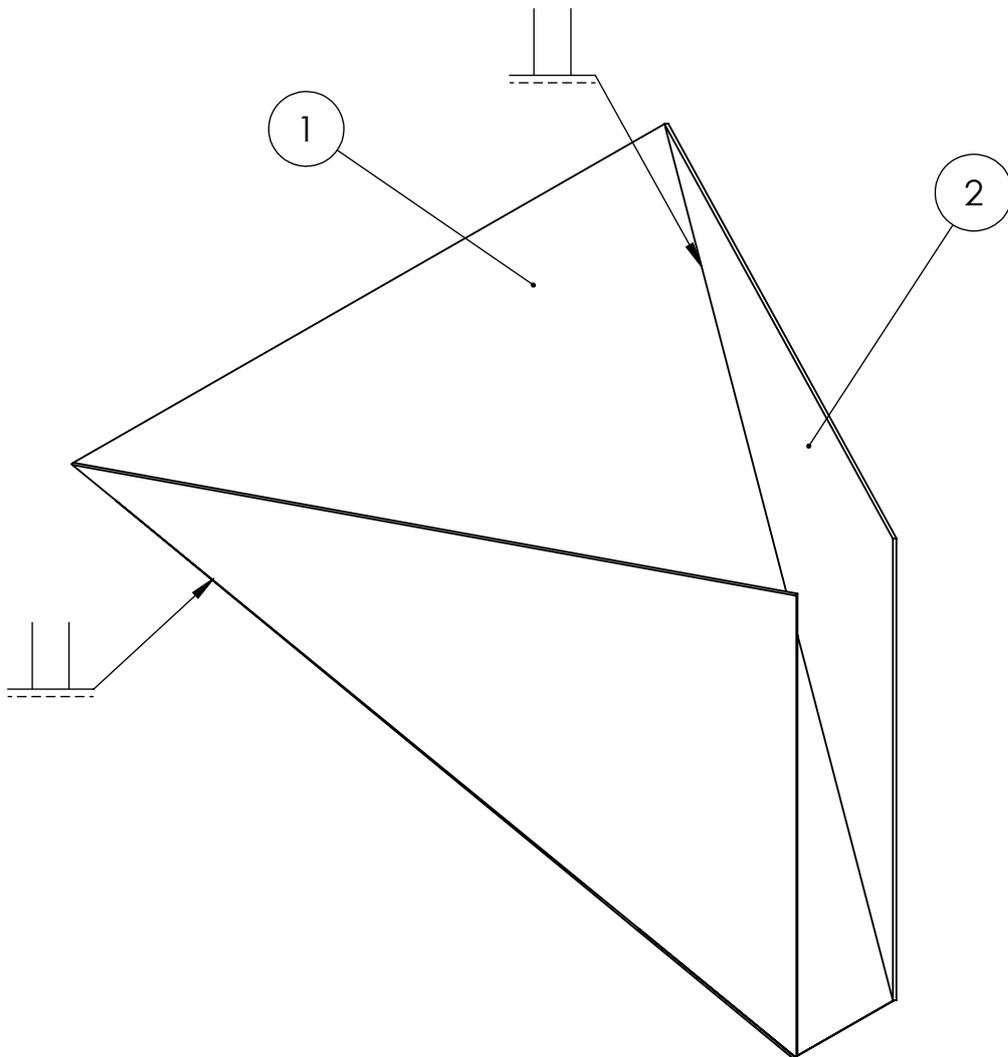
C

B

B

A

A



2	PLETINA LATERAL	01-04-02	2
1	PLETINA FRONTAL	01-04-01	1
Nº ITEM	NOMBRE PIEZA	COD.	CANT.

MATERIAL:	ACERO	FORMATO:	A4
TOLERANCIA:			
NOMBRE:		FECHA:	
DIBUJ.	JOAQUÍN RUBIO FERNÁNDEZ	04/12/2024	
VERIF.	CARLOS RUIZ DIEZ	06/12/2024	
ESCALA:	FIRMA:	JRF	
1:2			

TÍTULO SUPLEMENTARIO:	INYECTORA
TÍTULO:	EMBUDO COLECTOR
COLEGIO INGENIEROS ICAI	CÓDIGO: 01-04

4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

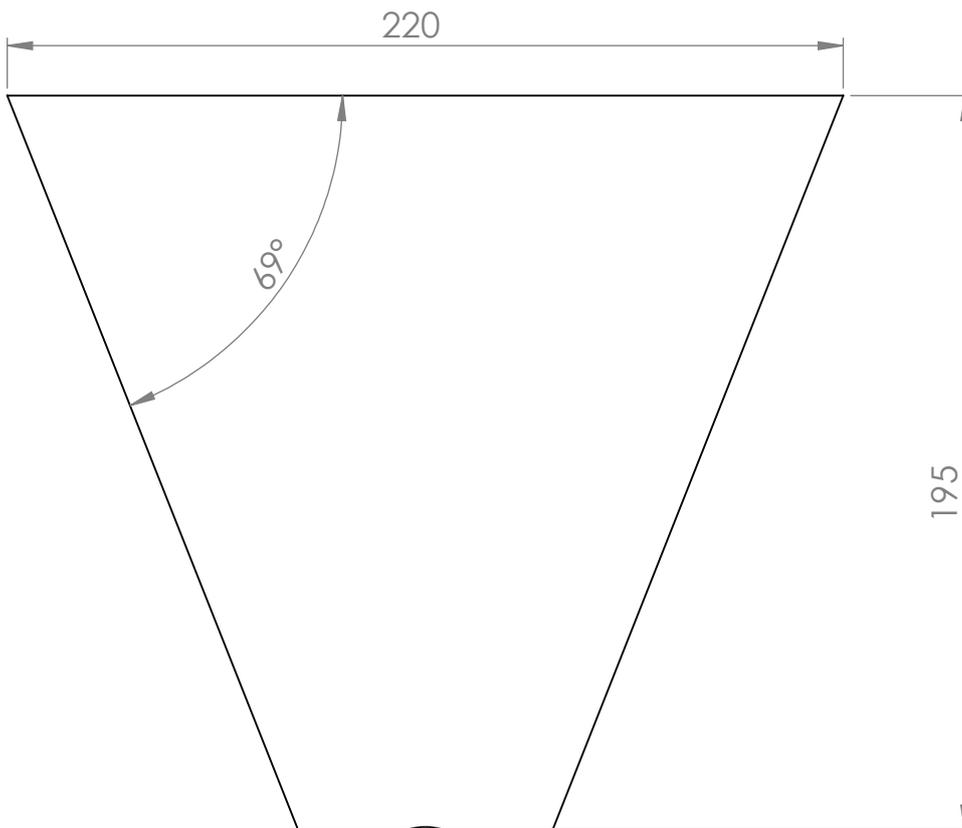
C

B

B

A

A



MATERIAL:	ACERO	FORMATO:		TÍTULO SUPLEMENTARIO:	INYECTORA
TOLERANCIA:		A4			
NOMBRE:		FECHA:		TÍTULO:	
DIBUJ.	JOAQUÍN RUBIO FERNÁNDEZ	04/12/2024		PLETINA FRONTAL EMBUDO COLECTOR	
VERIF.	CARLOS RUIZ DIEZ	06/12/2024			
ESCALA:	FIRMA:			COLEGIO INGENIEROS ICAI	CÓDIGO:
1:2	JRF				01-04-01

4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

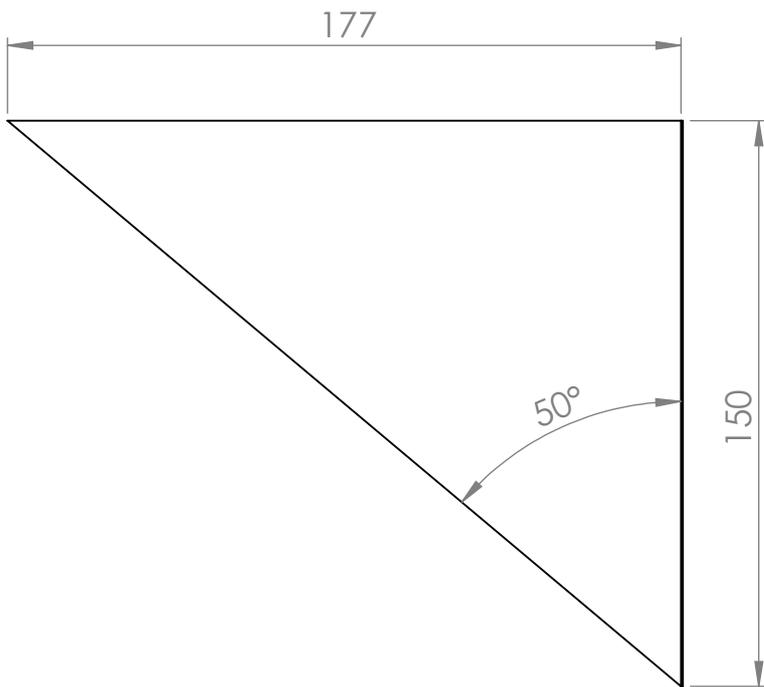
C

B

B

A

A



MATERIAL:	ACERO	FORMATO:		TÍTULO SUPLEMENTARIO:	INYECTORA
TOLERANCIA:		A4			
NOMBRE:			FECHA:	TÍTULO:	
DIBUJ.	JOAQUÍN RUBIO FERNÁNDEZ	04/12/2024	PLETINA LATERAL EMBUDO COLECTOR		
VERIF.	CARLOS RUIZ DIEZ	06/12/2024			
ESCALA:	FIRMA:	COLEGIO INGENIEROS ICAI		CÓDIGO:	01-05-02
1:2	JRF				

4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

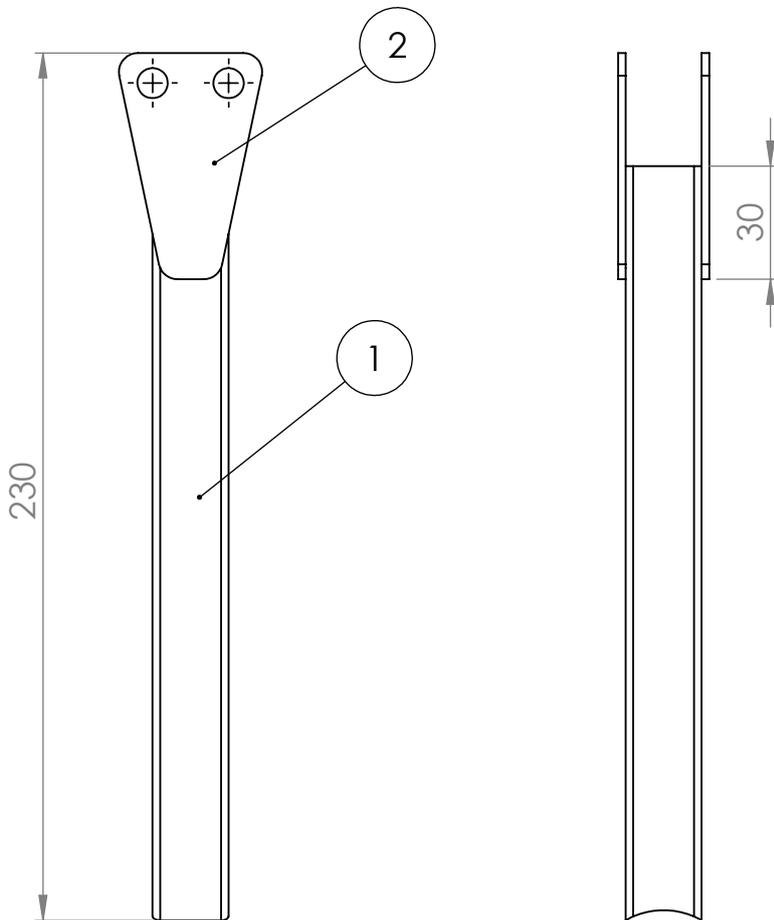
C

B

B

A

A



2	PLETINA SOPORTE LATERAL	01-05-02	2
1	TUBO CUADRADO	01-05-01	1
Nº ITEM	NOMBRE PIEZA	COD.	CANT.

MATERIAL:		FORMATO:	A4	
TOLERANCIA:		NOMBRE:		FECHA:
DIBUJ.	JOAQUÍN RUBIO FERNÁNDEZ	04/12/2024		
VERIF.	CARLOS RUIZ DIEZ	06/12/2024		
ESCALA:	1:2	FIRMA:	JRF	

TÍTULO SUPLEMENTARIO:	INYECTORA
TÍTULO:	SOPORTE LATERAL
COLEGIO INGENIEROS ICAI	CÓDIGO: 01-05

4

3

2

1

4

3

2

1

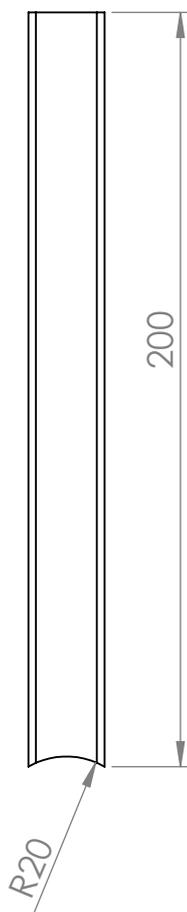
F

F

### PERFIL NORMALIZADO CUADRADO 20X20

E

E



D

D

C

C

B

B

A

A

MATERIAL:	ACERO	FORMATO:		TÍTULO SUPLEMENTARIO:	INYECTORA
TOLERANCIA:		A4		TÍTULO:	TUBO CUADRADO
NOMBRE:		FECHA:			
DIBUJ.	JOAQUÍN RUBIO FERNÁNDEZ	04/12/2024			
VERIF.	CARLOS RUIZ DIEZ	06/12/2024			
ESCALA:	FIRMA:	COLEGIO INGENIEROS ICAI		CÓDIGO:	01-05-01
1:2	JRF				

4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

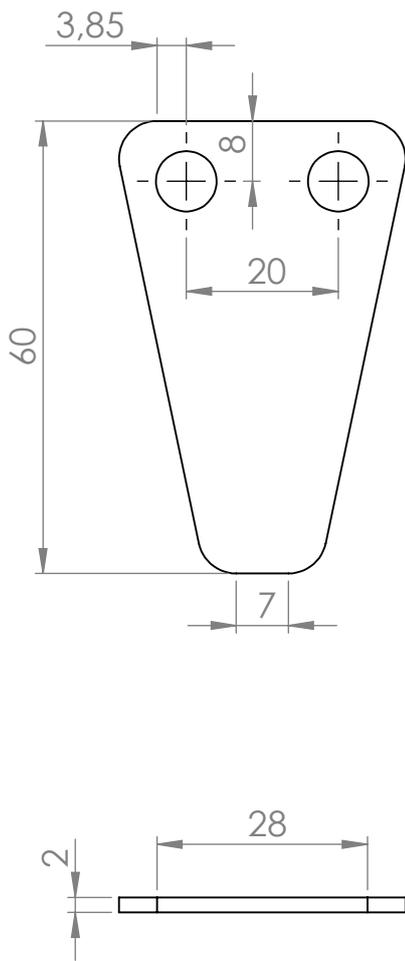
C

B

B

A

A



TODOS LOS REDONDEOS R5  
 AGUJEROS PASANTES Ø8

MATERIAL:	ACERO	FORMATO:		TÍTULO SUPLEMENTARIO:	INYECTORA
TOLERANCIA:		A4			
NOMBRE:		FECHA:		TÍTULO:	
DIBUJ.	JOAQUÍN RUBIO FERNÁNDEZ	04/12/2024		PLETINA SOPORTE LATERAL	
VERIF.	CARLOS RUIZ DIEZ	06/12/2024			
ESCALA:	FIRMA:			COLEGIO INGENIEROS ICAI	CÓDIGO:
1:1	JRF				01-05-02

4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

C

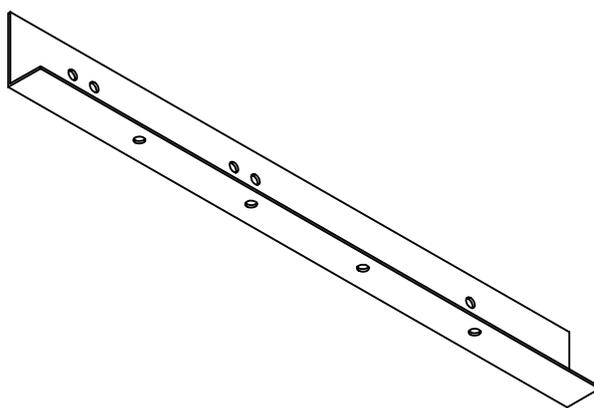
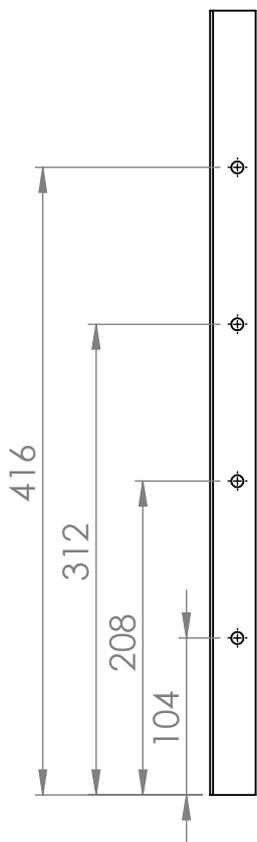
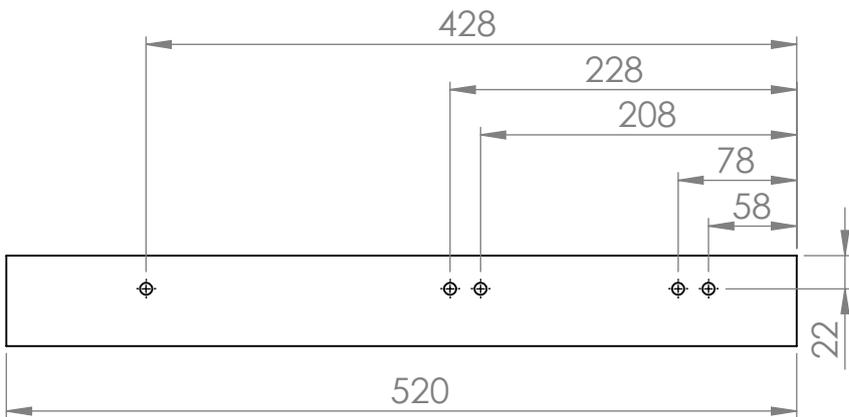
B

B

A

A

PERFIL NORMALIZADO  
L30X60



AGUJEROS PASANTES Ø8

MATERIAL:	ACERO	FORMATO:		TÍTULO SUPLEMENTARIO:	INYECTORA
TOLERANCIA:		A4		TÍTULO:	SOPORTE PARED DERECHA
NOMBRE:	JOAQUÍN RUBIO FERNÁNDEZ		FECHA:	04/12/2024	
DIBUJ.:	CARLOS RUIZ DIEZ		FECHA:	06/12/2024	
VERIF.:	JRF		COLEGIO INGENIEROS ICAI		CÓDIGO:
ESCALA:	1:5				01-06

4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

C

B

B

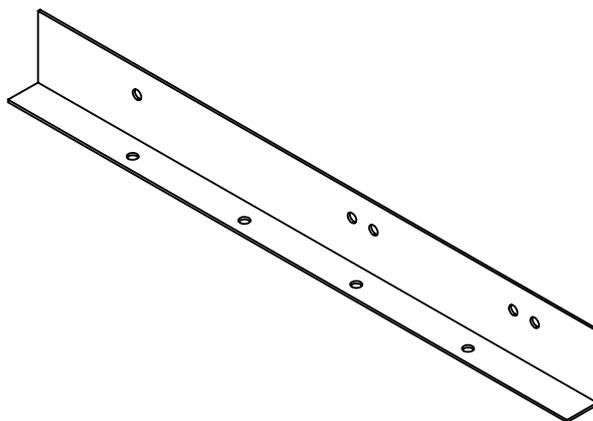
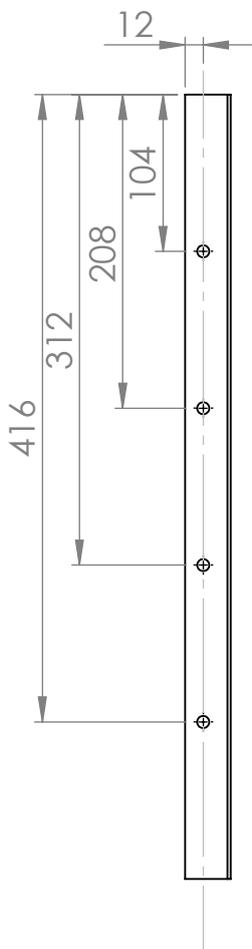
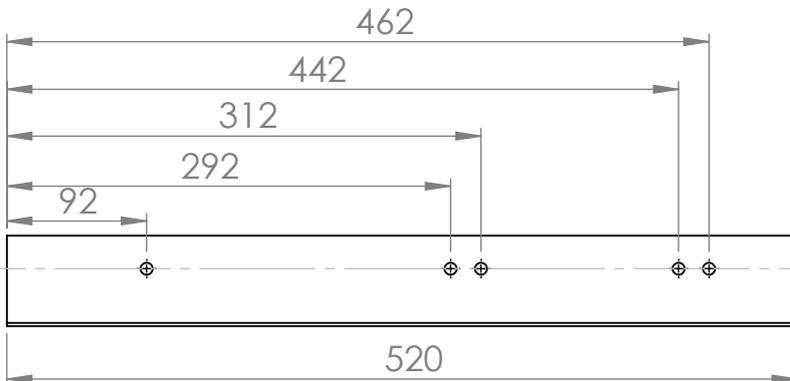
A

A

PERFIL NORMALIZADO L60X30



22



AGUJEROS PASANTES Ø8

MATERIAL:	ACERO	FORMATO:		TÍTULO SUPLEMENTARIO:	INYECTORA
TOLERANCIA:		A4		TÍTULO:	SOPORTE PARED IZQUIERDO
NOMBRE:	JOAQUÍN RUBIO FERNÁNDEZ		FECHA:	04/12/2024	
DIBUJ.	JOAQUÍN RUBIO FERNÁNDEZ		FECHA:	06/12/2024	
VERIF.	CARLOS RUIZ DIEZ				
ESCALA:	FIRMA:	JRF	COLEGIO INGENIEROS ICAI		CÓDIGO:
1:5					01-07

4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

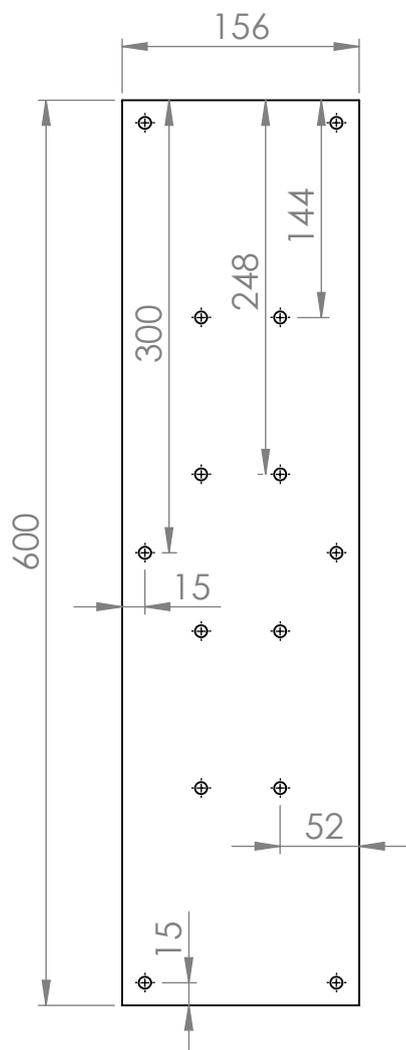
C

B

B

A

A



TODOS LOS AGUJEROS PASANTES Ø8  
 AGUJEROS SIMÉTRICOS EN LOS 4 CUADRANTES  
 ESPESOR 5MM

MATERIAL:	ACERO	FORMATO:		TÍTULO SUPLEMENTARIO:	INYECTORA
TOLERANCIA:		A4		TÍTULO:	PLACA ANCLAJE PARED
NOMBRE:		FECHA:			
DIBUJ.	JOAQUÍN RUBIO FERNÁNDEZ	04/12/2024			
VERIF.	CARLOS RUIZ DIEZ	06/12/2024			
ESCALA:	FIRMA:			COLEGIO INGENIEROS ICAI	CÓDIGO:
1:5	JRF				01-08

4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

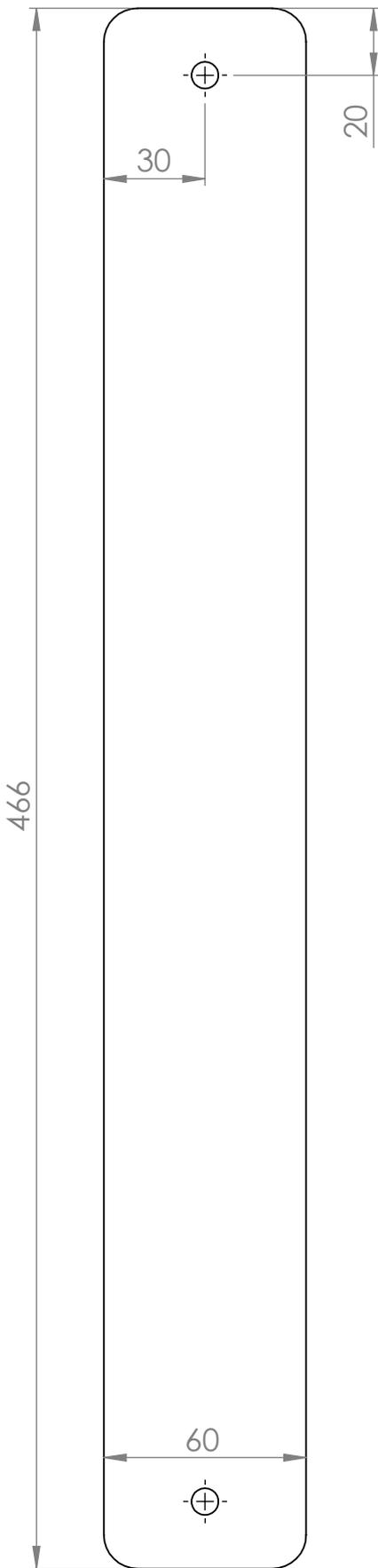
C

B

B

A

A



TODOS LOS AGUJEROS Ø8  
 TODOS LOS REDONDEOS R5  
 AGUJEROS SIMÉTRICOS  
 ESPESOR 5MM

MATERIAL:	ACERO	FORMATO:	A4	TÍTULO SUPLEMENTARIO:	INYECTORA
TOLERANCIA:					
NOMBRE:		FECHA:		TÍTULO:	PLETINA ESTRUCTURAL
DIBUJ.	JOAQUÍN RUBIO FERNÁNDEZ	04/12/2024			
VERIF.	CARLOS RUIZ DIEZ	06/12/2024			
ESCALA:	FIRMA:	JRF		COLEGIO INGENIEROS ICAI	CÓDIGO: 01-10
1:2					

4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

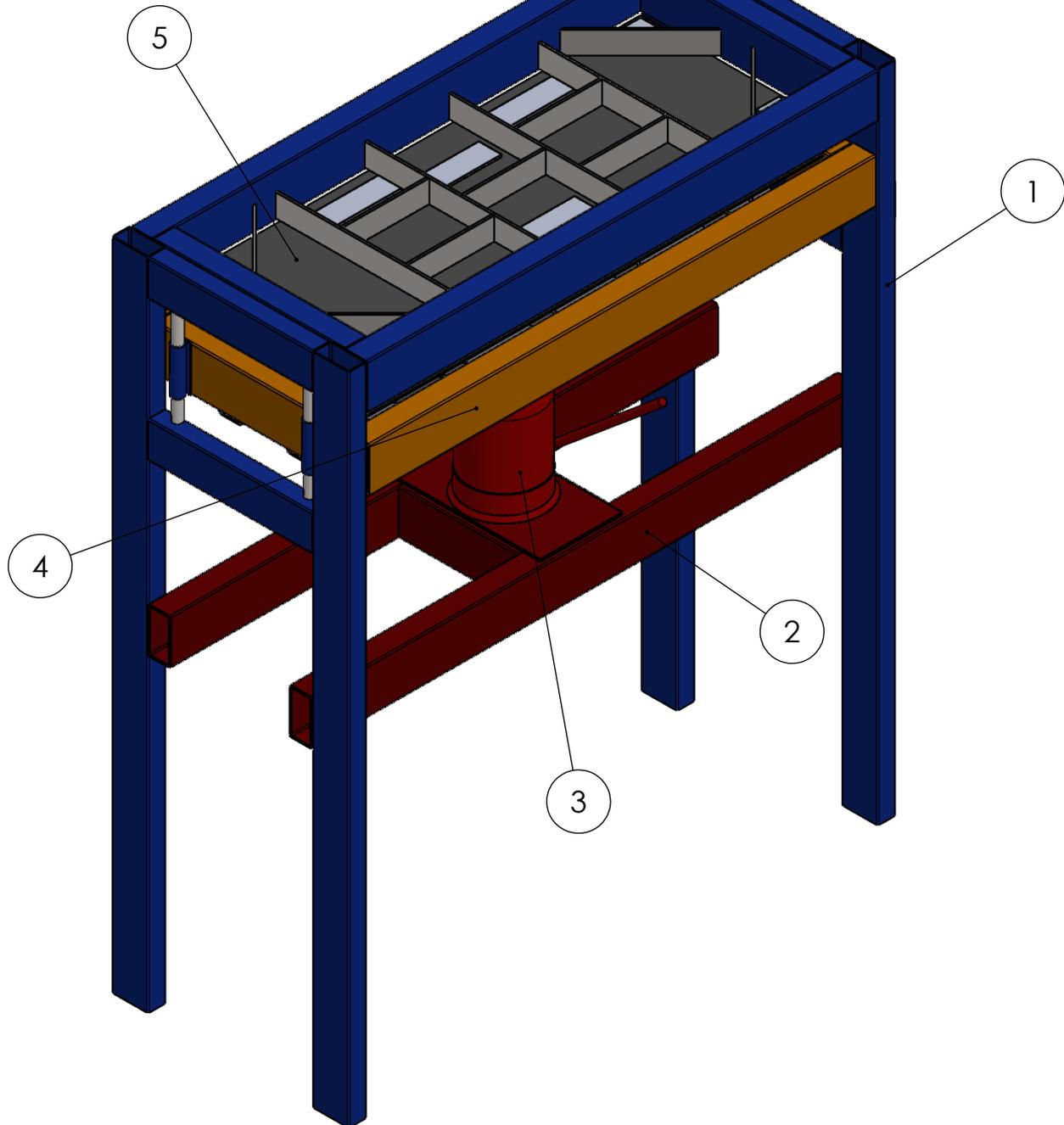
C

B

B

A

A



5	ENSAMBLAJE MARCOS	02-04-00	1
4	SOPORTE MARCO INFERIOR	02-03-00	1
3	GATO HIDRÁULICO		1
2	ENSAMBLAJE SOPORTE PATAS	02-02-00	1
1	ENSAMBLAJE PATAS	02-01-00	2
Nº ITEM	NOMBRE PIEZA	COD.	CANT.

MATERIAL:	S235JR	FORMATO:	A4
TOLERANCIA:	ISO 2768 - m		
NOMBRE:		FECHA:	
DIBUJ.	JOAQUÍN RUBIO FERNÁNDEZ	30/12/2024	
VERIF.	CARLOS RUIZ DIEZ	04/01/2025	
ESCALA:	FIRMA:		
1:10	JRF		

TÍTULO SUPLEMENTARIO:	PRENSA DE CALOR		
TÍTULO:	ENSAMBLAJE PRENSA DE CALOR		
COLEGIO INGENIEROS ICAI		CÓDIGO:	
		02-00-00	

4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

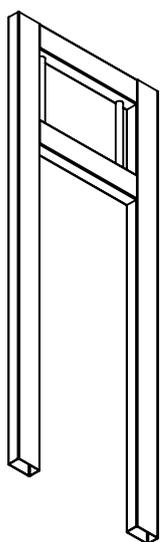
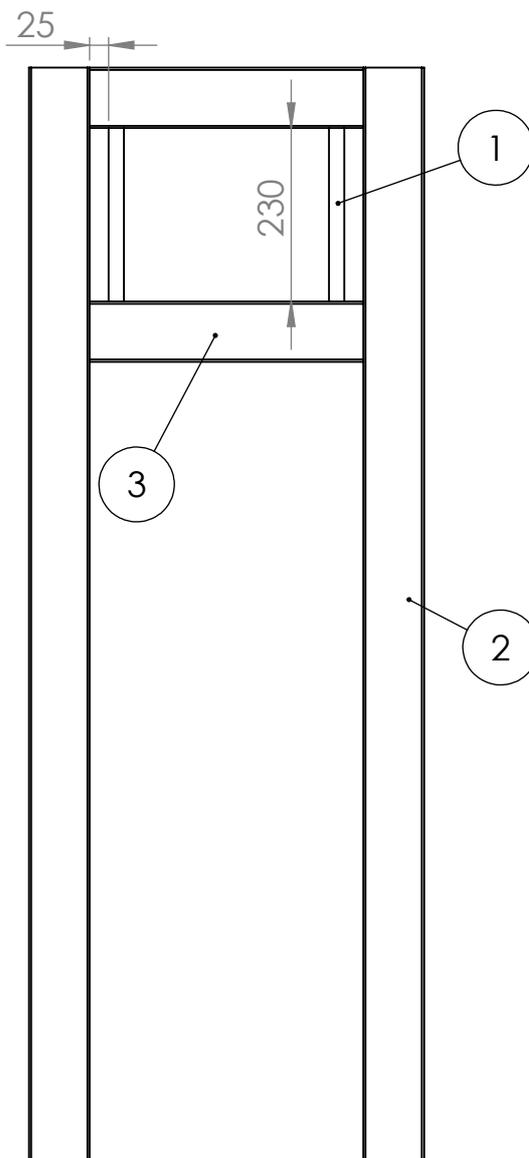
C

B

B

A

A



Pieza simétrica, misma distancia para ambas guías  
Barras colocadas en el centro de la viga horizontal

3	GUIA	02-01-03	2
2	VIGA 40X80 L360	02-01-02	2
1	VIGA 40X80 L1450	02-01-01	2
Nº ITEM	NOMBRE PIEZA	COD.	CANT.

MATERIAL:	S235JR	FORMATO:	A4
TOLERANCIA:	ISO 2768 - m		
NOMBRE:		FECHA:	
DIBUJ.	JOAQUÍN RUBIO FERNÁNDEZ	30/12/2024	
VERIF.	CARLOS RUIZ DIEZ	04/01/2025	
ESCALA:	FIRMA:		
1:10	JRF		

TÍTULO SUPLEMENTARIO:	PRENSA DE CALOR		
TÍTULO:	ENSAMBLAJE LATERAL		
COLEGIO INGENIEROS ICAI		CÓDIGO:	02-01-00

4

3

2

1

4

3

2

1

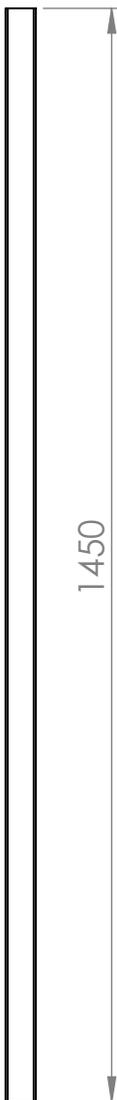
F

F

Perfil normalizado 40x80 e4mm

E

E



D

D

C

C

B

B

MATERIAL:	S235JR	FORMATO:		TÍTULO SUPLEMENTARIO:	PRENSA DE CALOR
TOLERANCIA:	ISO 2768 - m	A4		TÍTULO:	
NOMBRE:		FECHA:		COLEGIO INGENIEROS ICAI      CÓDIGO: 02-01-01	
DIBUJ.	JOAQUÍN RUBIO FERNÁNDEZ	30/12/2024			
VERIF.	CARLOS RUIZ DIEZ	04/01/2025			
ESCALA:	FIRMA:				
1:10	JRF				

A

A

4

3

2

1

4

3

2

1

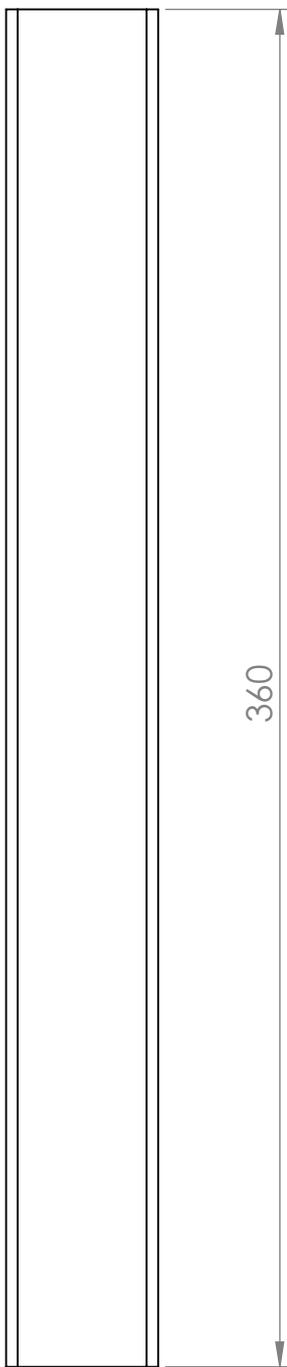
F

F

Perfil normalizado 40x80 e4

E

E



D

D

C

C

B

B

A

A

MATERIAL:	S235JR	FORMATO:		TÍTULO SUPLEMENTARIO:	PRESA DE CALOR
TOLERANCIA:	ISO 2768 - m	A4		TÍTULO:	VIGA 40X80 L360
NOMBRE:		FECHA:		COLEGIO INGENIEROS ICAI      CÓDIGO: 02-01-02	
DIBUJ.	JOAQUÍN RUBIO FERNÁNDEZ	30/12/2024			
VERIF.	CARLOS RUIZ DIEZ	04/01/2025			
ESCALA:	FIRMA:				
1:2	JRF				

4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

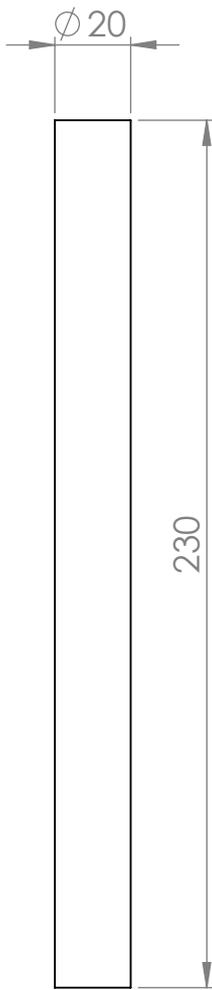
D

C

C

B

B



MATERIAL:	S235JR	FORMATO:		TÍTULO SUPLEMENTARIO:	PRESA DE CALOR
TOLERANCIA:	ISO 2768 - m	A4		TÍTULO:	GUÍA
NOMBRE:		FECHA:		COLEGIO INGENIEROS ICAI	
DIBUJ.	JOAQUÍN RUBIO FERNÁNDEZ	30/12/2024		CÓDIGO:	
VERIF.	CARLOS RUIZ DIEZ	04/01/2025		02-01-03	
ESCALA:	FIRMA:				
1:2	JRF				

A

A

4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

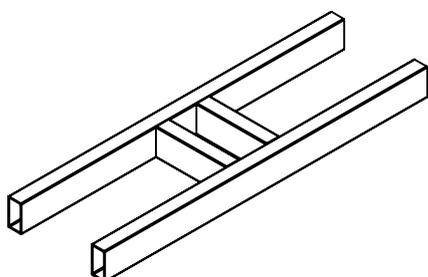
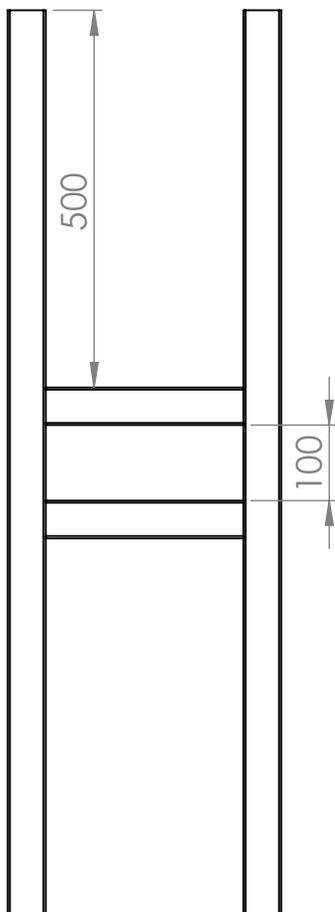
C

B

B

A

A



2	VIGA 40X80 L260	02-02-02	2
1	VIGA 40X80 L1200	02-02-01	2
Nº ITEM	NOMBRE PIEZA	COD.	CANT.

MATERIAL:	S235JR	FORMATO:	A4
TOLERANCIA:	ISO 2768 - m		
NOMBRE:		FECHA:	
DIBUJ.	JOAQUÍN RUBIO FERNÁNDEZ	30/12/2024	
VERIF.	CARLOS RUIZ DIEZ	04/01/2025	
ESCALA:	FIRMA:		
1:10	JRF		

TÍTULO SUPLEMENTARIO:	PRENSA DE CALOR		
TÍTULO:	ENSAMBLAJE SOPORTE PATAS		
COLEGIO INGENIEROS ICAI		CÓDIGO:	
		02-02-00	

4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

C

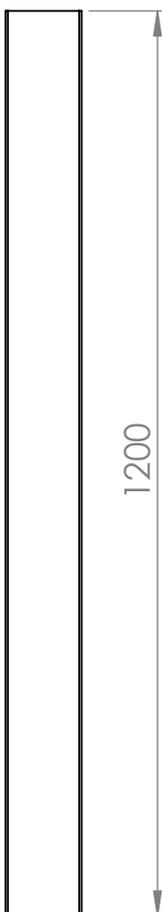
B

B

A

A

Perfil normalizado 50x100 e4



MATERIAL:	S235JR	FORMATO:		TÍTULO SUPLEMENTARIO:	PRENSA DE CALOR
TOLERANCIA:	ISO 2768 - m	<b>A4</b>		TÍTULO:	VIGA 50x100 L1200
NOMBRE:		FECHA:			
DIBUJ.	JOAQUÍN RUBIO FERNÁNDEZ	30/12/2024			
VERIF.	CARLOS RUIZ DIEZ	04/01/2025			
ESCALA:	FIRMA:			COLEGIO INGENIEROS ICAI	CÓDIGO:
1:10	JRF				02-02-01

4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

Perfil normalizado 50x100 L260

E

E

D

D

260

C

C

B

B

A

A

MATERIAL:	S235JR	FORMATO:		TÍTULO SUPLEMENTARIO:	PRENSA DE CALOR
TOLERANCIA:	ISO 2768 - m	A4		TÍTULO:	VIGA 50x100 L260
NOMBRE:		FECHA:		COLEGIO INGENIEROS ICAI      CÓDIGO: 02-02-02	
DIBUJ.	JOAQUÍN RUBIO FERNÁNDEZ	30/12/2024			
VERIF.	CARLOS RUIZ DIEZ	04/01/2025			
ESCALA:	FIRMA:				
1:2	JRF				

4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

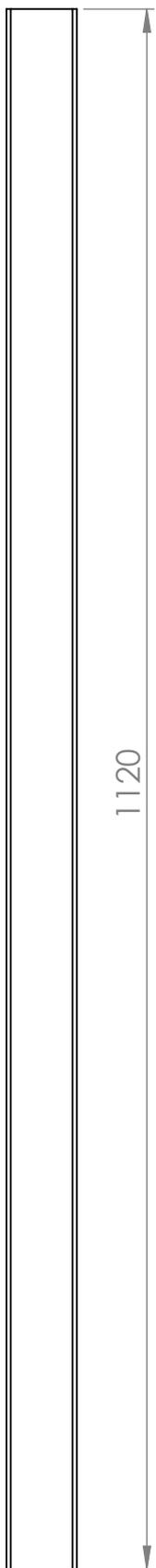
D

C

C

B

B



Perfil normalizado 50x100 e4mm

MATERIAL:	S235JR	FORMATO:		TÍTULO SUPLEMENTARIO:	PRENSA DE CALOR
TOLERANCIA:	ISO 2768 - m	A4		TÍTULO:	VIGA 50x100 L1120
NOMBRE:		FECHA:		COLEGIO INGENIEROS ICAI      CÓDIGO: 02-04-02	
DIBUJ.	JOAQUÍN RUBIO FERNÁNDEZ	30/12/2024			
VERIF.	CARLOS RUIZ DIEZ	04/01/2025			
ESCALA:	FIRMA:				
1:5	JRF				

A

A

4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

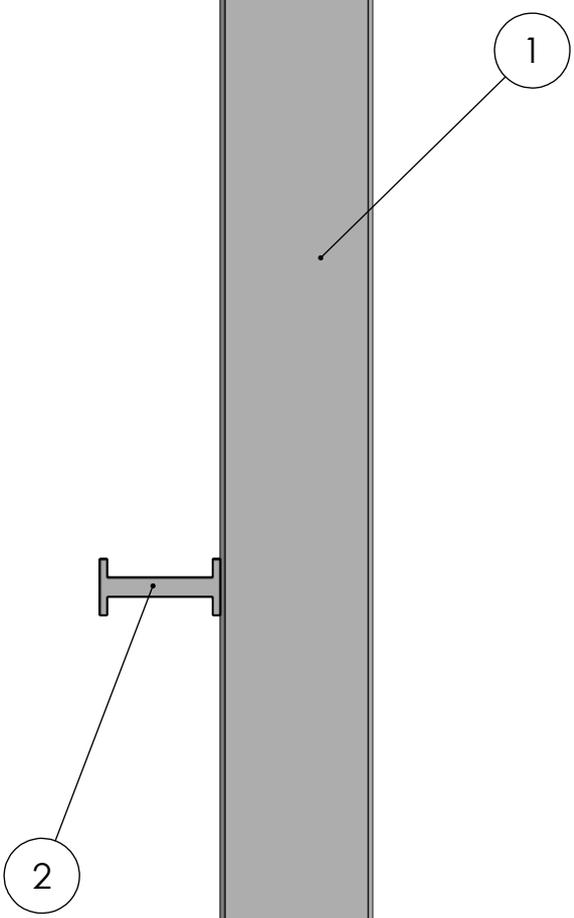
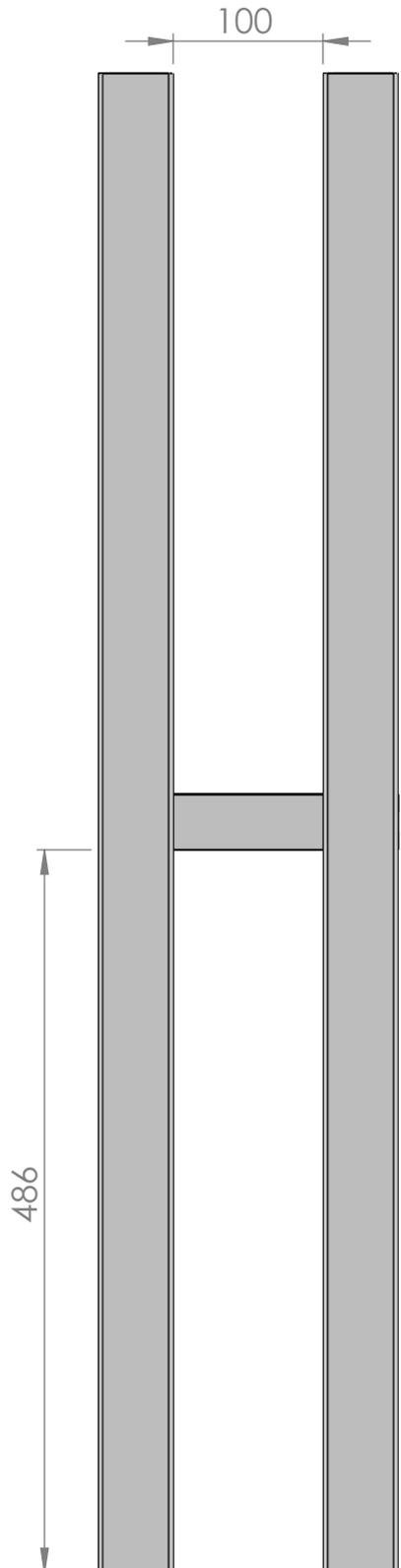
C

B

B

A

A



2	VIGA 50X100 L1010	02-03-02	2
1	VIGA IPN 80	02-03-01	1
<b>N° ITEM</b>	<b>NOMBRE PIEZA</b>	<b>COD.</b>	<b>CANT.</b>

MATERIAL:	S235JR	FORMATO:	A4
TOLERANCIA:	ISO 2768 - m		
NOMBRE:		FECHA:	
DIBUJ.	JOAQUÍN RUBIO FERNÁNDEZ	30/12/2024	
VERIF.	CARLOS RUIZ DIEZ	04/01/2025	
ESCALA:	FIRMA: JRF		

TÍTULO SUPLEMENTARIO:	PRENSA DE CALOR		
TÍTULO:	SOPORTE MARCO INFERIOR		
COLEGIO INGENIEROS ICAI		CÓDIGO:	02-03-00

4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

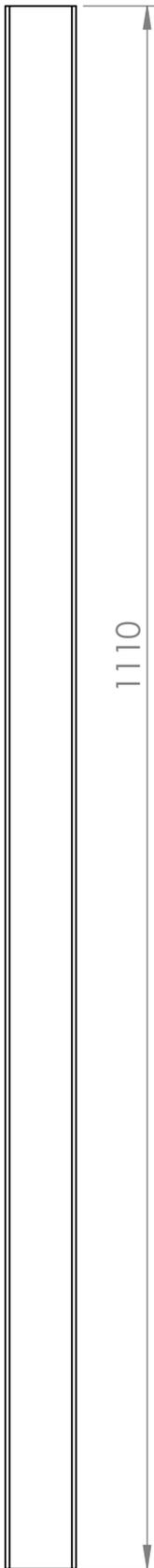
C

B

B

A

A



Perfil normalizado 50x100

MATERIAL:	S235JR	FORMATO:		TÍTULO SUPLEMENTARIO:	PRENSA DE CALOR
TOLERANCIA:	ISO 2768 - m	A4		TÍTULO:	VIGA 50x100 L1010
NOMBRE:		FECHA:		COLEGIO INGENIEROS ICAI      CÓDIGO: 02-03-01	
DIBUJ.	JOAQUÍN RUBIO FERNÁNDEZ	30/12/2024			
VERIF.	CARLOS RUIZ DIEZ	04/01/2025			
ESCALA:	FIRMA:				
1:5	JRF				

4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

C

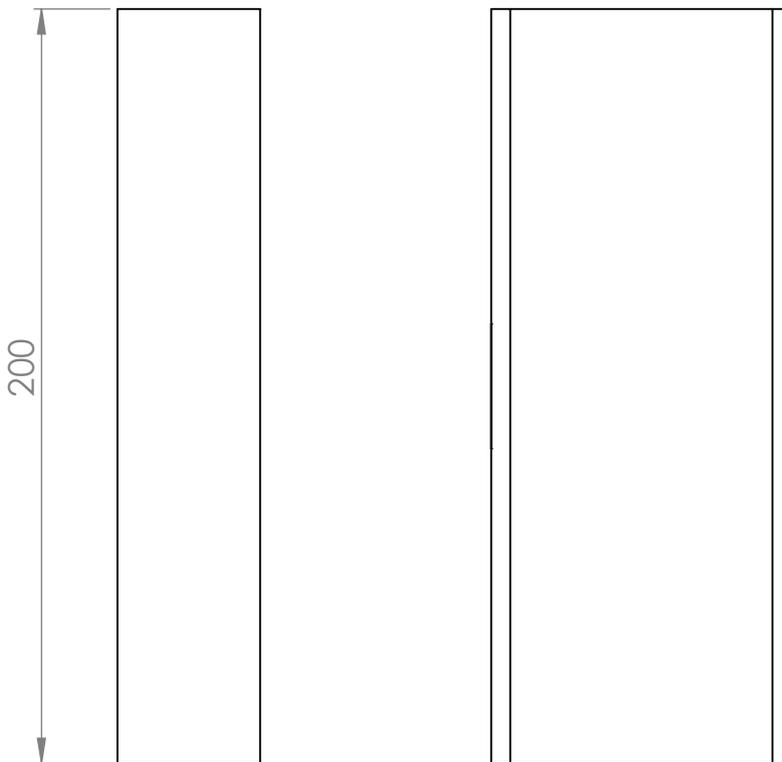
B

B

A

A

Perfil normalizado IPN 80



MATERIAL:	S235JR	FORMATO:		TÍTULO SUPLEMENTARIO:	PRESA DE CALOR
TOLERANCIA:	ISO 2768 - m	A4		TÍTULO:	VIGA IPN 80 L200
NOMBRE:		FECHA:		COLEGIO INGENIEROS ICAI	
DIBUJ.	JOAQUÍN RUBIO FERNÁNDEZ	30/12/2024			
VERIF.	CARLOS RUIZ DIEZ	04/01/2025			
ESCALA:	FIRMA:	CÓDIGO:		02-03-02	
1:2	JRF				

4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

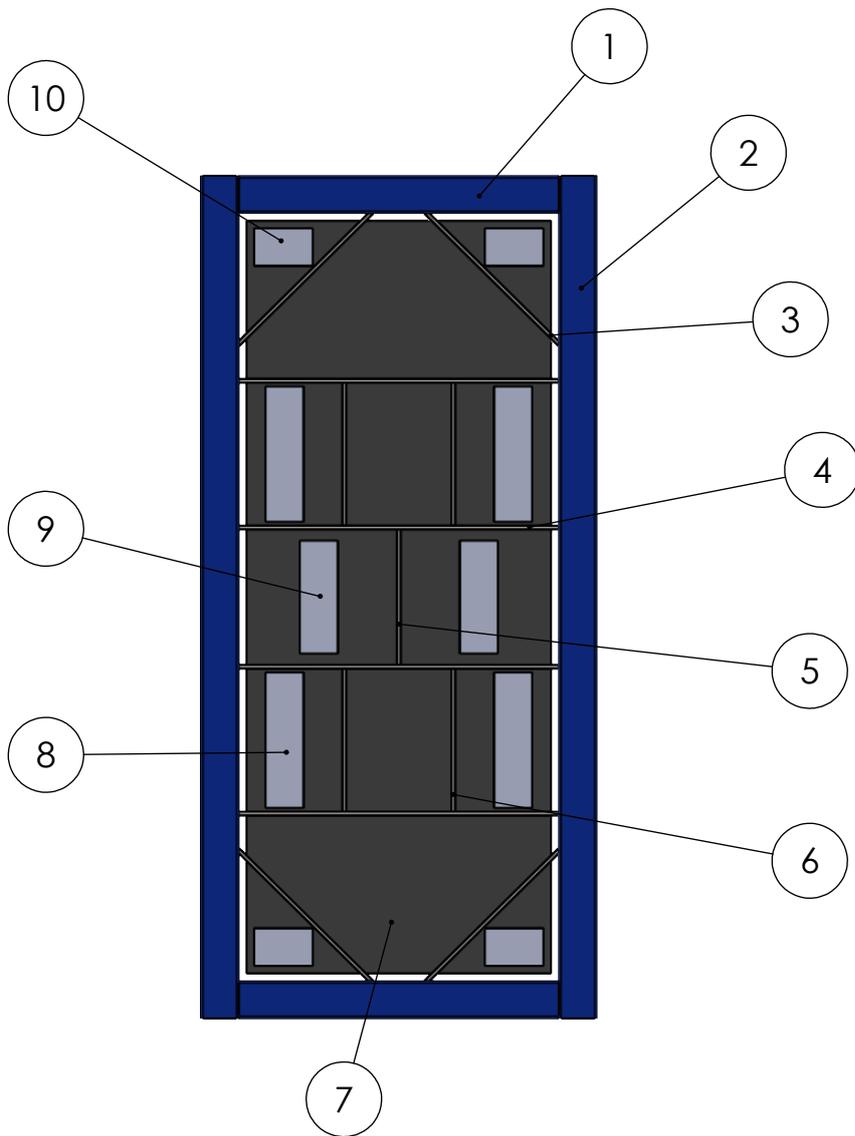
C

B

B

A

A



10	RESISTENCIA PLANA 50W		4
9	RESISTENCIA PLANA 125W		2
8	RESISTENCIA PLANA 175W		4
7	PLANCHA	02-04-07	1
6	VERTICAL 5X50 L190	02-04-06	2
5	VERTICAL 5X50 L180	02-04-05	1
4	HORIZONTAL 5X50 L420	02-04-04	3
3	DIAGONAL 5X50 L250	02-04-03	4
2	VIGA 50x100 L1120	02-04-02	2
1	VIGA 50x100 L420	02-04-01	2
Nº ITEM	NOMBRE PIEZA	COD.	CANT.

MATERIAL:	S235JR	FORMATO:	A4
TOLERANCIA:	ISO 2768 - m		
NOMBRE:		FECHA:	
DIBUJ.	JOAQUÍN RUBIO FERNÁNDEZ	30/12/2024	
VERIF.	CARLOS RUIZ DIEZ	04/01/2025	
ESCALA:	FIRMA:		
1:10	JRF		

TÍTULO SUPLEMENTARIO:	PRENSA DE CALOR
TÍTULO:	MARCO SUPERIOR
COLEGIO INGENIEROS ICAI	CÓDIGO: 02-04-00

4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

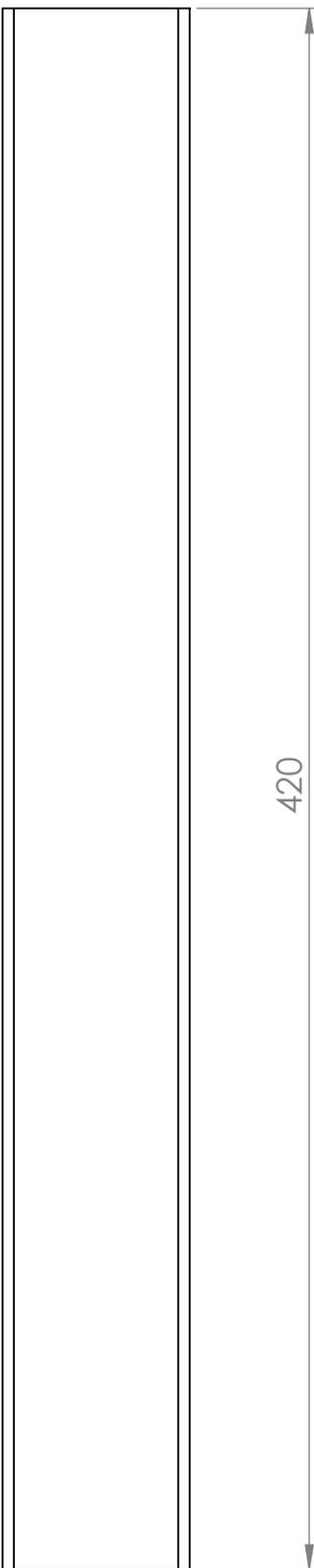
D

C

C

B

B



420

Perfil normalizado 50x100 e4mm

MATERIAL:	S235JR	FORMATO:		TÍTULO SUPLEMENTARIO:	PRENSA DE CALOR
TOLERANCIA:	ISO 2768 - m	A4		TÍTULO:	VIGA 50x100 L420
NOMBRE:		FECHA:		COLEGIO INGENIEROS ICAI      CÓDIGO: 02-04-01	
DIBUJ.	JOAQUÍN RUBIO FERNÁNDEZ	30/12/2024			
VERIF.	CARLOS RUIZ DIEZ	04/01/2025			
ESCALA:	FIRMA:				
1:2	JRF				

A

A

4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

C

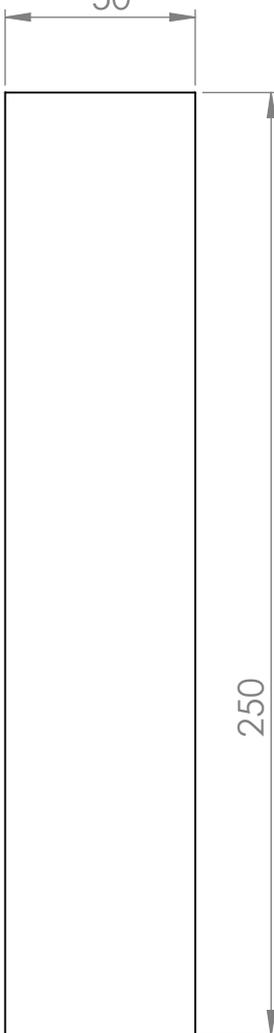
B

B

Espesor 5mm

50

250



MATERIAL:	S235JR	FORMATO:		TÍTULO SUPLEMENTARIO:	PRESA DE CALOR
TOLERANCIA:	ISO 2768 - m	A4		TÍTULO:	DIAGONAL L250
NOMBRE:		FECHA:		COLEGIO INGENIEROS ICAI CÓDIGO: 02-04-03	
DIBUJ.	JOAQUÍN RUBIO FERNÁNDEZ	30/12/2024			
VERIF.	CARLOS RUIZ DIEZ	04/01/2025			
ESCALA:	FIRMA:				
1:2	JRF				

A

A

4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

50

E

E

420

D

D

C

C

B

B

Espesor 5mm

A

A

MATERIAL:	S235JR	FORMATO:		TÍTULO SUPLEMENTARIO:	PRESA DE CALOR
TOLERANCIA:	ISO 2768 - m	A4		TÍTULO:	HORIZONTAL L420
NOMBRE:		FECHA:		COLEGIO INGENIEROS ICAI      CÓDIGO: 02-04-04	
DIBUJ.	JOAQUÍN RUBIO FERNÁNDEZ	30/12/2024			
VERIF.	CARLOS RUIZ DIEZ	04/01/2025			
ESCALA:	FIRMA:				
1:2	JRF				

4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

50

E

E

D

D

180

C

C

B

B

Espesor 5mm

A

A

MATERIAL:	S235JR	FORMATO:		TÍTULO SUPLEMENTARIO:	PRENSA DE CALOR
TOLERANCIA:	ISO 2768 - m	A4		TÍTULO:	VERTICAL L180
NOMBRE:		FECHA:		COLEGIO INGENIEROS ICAI      CÓDIGO: 02-04-05	
DIBUJ.	JOAQUÍN RUBIO FERNÁNDEZ	30/12/2024			
VERIF.	CARLOS RUIZ DIEZ	04/01/2025			
ESCALA:	FIRMA:				
1:1	JRF				

4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

C

B

B

50

190

Espesor 5mm

MATERIAL:	S235JR	FORMATO:		TÍTULO SUPLEMENTARIO:	PRENSA DE CALOR
TOLERANCIA:	ISO 2768 - m	A4		TÍTULO:	VERTICAL L190
NOMBRE:		FECHA:		COLEGIO INGENIEROS ICAI      CÓDIGO: 02-04-06	
DIBUJ.	JOAQUÍN RUBIO FERNÁNDEZ	30/12/2024			
VERIF.	CARLOS RUIZ DIEZ	04/01/2025			
ESCALA:	FIRMA:				
1:1	JRF				

A

A

4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

C

B

B

400

1000

Espesor 3mm

MATERIAL:	S235JR	FORMATO:		TÍTULO SUPLEMENTARIO:	PRENSA DE CALOR
TOLERANCIA:	ISO 2768 - m	A4			
NOMBRE:		FECHA:	TÍTULO: PLANCHA DE HIERRO		
DIBUJ.	JOAQUÍN RUBIO FERNÁNDEZ	30/12/2024			
VERIF.	CARLOS RUIZ DIEZ	04/01/2025			
ESCALA:	FIRMA:	COLEGIO INGENIEROS ICAI		CÓDIGO:	02-04-07
1:5	JRF				

A

A

4

3

2

1